



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Máster

Máster Internacional en Nutrición Animal

**Título: Efecto del perfil de carbohidratos del piensos sobre los
rendimientos de conejas reproductoras**

**Effect of carbohydrates profile of the feed on the performance of
breeding does**

Autor

Francisco José Simbaña Portilla

Director es

Nuria Nicodemus Martín

Rosa María Carabaño Luengo

2019

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento al Departamento de Producción Agraria (Unidad de Producción Animal) de la Universidad Politécnica de Madrid, por abrir sus puertas para el desarrollo de este trabajo. Gracias a sus profesores, colegas y compañeros por el apoyo y las enseñanzas.

Mi profunda gratitud a mis supervisores, los profesores Javier García, Nuria Nicodemus y Rosa Carabaño, por su constante ayuda y asesoría durante la realización del presente trabajo. Gracias por compartir su gran conocimiento y su valioso tiempo.

A Carlos y Carla, por su apoyo, consejos y amistad a lo largo de esta investigación.

A mis padres, por su amor incondicional y soporte en todos mis sueños. La distancia no ha sido impedimento para tenerles cerca de mí cuando cierro mis ojos.

A Daniela, mi compañera de vida, gracias por darme tu apoyo absoluto y tu amor tan valioso que me ha regalado una nueva visión de vida.

Índice

Agradecimientos	ii
Índice	iii
Índice de Tablas	iv
ABSTRACT	vi
RÉSUMÉ	viii
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1: Revisión bibliográfica.....	3
1.1 Conejas reproductoras.....	3
1.1.1 Ingestión y balance energético corporal en la coneja reproductora	3
1.1.2 Movilización corporal de la grasa en la coneja reproductora.....	6
1.1.3 Toxemia en las conejas reproductoras	8
1.2 Estrategias nutricionales en conejas reproductoras.....	10
1.3 Nivel de fibra soluble.....	11
1.4 Nutrientes glucogénicos: almidón.....	13
Capítulo 2: Objetivo del estudio	19
Capítulo 3: Material y métodos	21
3.1 Piensos experimentales	21
3.2 Animales y alojamientos.....	21
3.3 Estimación de la condición corporal y movilización de reservas corporales de las conejas.....	24
3.4 Determinación de la digestibilidad fecal.....	24
3.5 Análisis químico	25
3.6 Análisis estadístico.....	25
Capítulo 4: Resultados.....	27
Capítulo 5: Discusión	41
Capítulo 6: Conclusiones.....	45
Capítulo 7: Referencias bibliográficas	47

Índice de Tablas

Tabla 1. Ingredientes y composición química de los piensos experimentales.	22
Tabla 2. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la proporción de bajas de las conejas reproductoras.	28
Tabla 3. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la digestibilidad fecal aparente en conejas reproductoras nulíparas de 140 días de edad.....	29
Tabla 4. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la digestibilidad fecal aparente en conejas reproductoras multíparas (18-22 días de lactación).	31
Tabla 5. Efecto del nivel de fibra soluble, tipo de almidón y número de parto sobre energía digestible y proteína digestible ingerida en conejas reproductoras.	32
Tabla 6. Efecto del nivel de fibra soluble, tipo de almidón y número de parto sobre los rendimientos productivos de conejas.....	34
Tabla 7. Efecto del nivel de fibra soluble, tipo de almidón y número de parto sobre la composición química corporal de conejas nulíparas hasta el tercer parto.....	36
Tabla 8. Efecto del nivel de fibra soluble, tipo de almidón y número de parto sobre el consumo, energía digestible y movilización de grasa en el periodo preparto: 28 días de gestación al parto.	37

Índice de Figuras

Figura 1. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la evolución de la composición corporal, energía y peso vivo de conejas reproductoras hasta el tercer parto (todas las conejas tuvieron al menos 2 partos).	38
Figura 2. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la evolución de la composición corporal, energía y peso vivo de conejas que tuvieron tres partos consecutivos.	39

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fin de máster fue estudiar el desarrollo productivo de las conejas reproductoras frente a la administración de dos niveles de fibra soluble a través de la inclusión de pulpa de remolacha y de dos tipos de almidón en este caso el de trigo y guisante. Para lograr este objetivo se llevaron a cabo tres objetivos principales: i) Evaluación de los parámetros productivos de las conejas durante los tres primeros ciclos reproductivos. ii) Evaluación de la digestibilidad fecal de las conejas nulíparas y lactantes. iii) Estimación de la composición química corporal de las conejas mediante técnica de impedancia bioeléctrica para analizar el balance energético y nitrogenado en cada uno de los ciclos. Para ello se formularon cuatro piensos organizados factorialmente (2×2), con dos niveles de fibra soluble (FS) (bajo 6,4% y alto 10,6% MS, BFS y AFS, respectivamente), combinados con dos fuentes de almidón: trigo (con harina de colza; T) y guisante (G). Así, se obtuvieron 4 piensos: 1) bajo nivel de fibra soluble y trigo como fuente de almidón (BFS-T); 2) alto nivel de fibra soluble y trigo como fuente de almidón (AFS-T); 3) bajo nivel de fibra soluble y guisante como tipo almidón (BFS-G); y, 4) alto nivel de fibra soluble y guisante como fuente de almidón (AFS-G). Los piensos tuvieron similar concentración de proteína bruta (20,3% MS) y de energía bruta (18,9 MJ/kg MS), pero diferentes niveles de almidón, tanto para el trigo (BFS: 11,6% y AFS: 17,3% MS) como guisante (BFS: 12,8 % y AFS: 17,4 %). En este estudio se utilizaron 180 conejas inseminadas a los 123 días de edad, las cuales fueron asignadas al azar a los piensos experimentales después de confirmada la gestación. Después de cada parto se llevó a cabo la homogenización de las camadas dentro de los tratamientos y las conejas fueron inseminadas 11 días después. A lo largo de los tres primeros partos se midió la composición química y el contenido de energía de las conejas: en la inseminación artificial, preparto, parto y destete (mediante impedancia bioeléctrica); además, digestibilidad, sus rendimientos productivos, mortalidad, consumo de pienso y el crecimiento de las camadas. El periodo experimental finalizo el día de parto correspondiente a la tercera inseminación. La proporción total de bajas durante el experimento casi se duplicó en los grupos que consumieron los piensos con guisante respecto a los de trigo (29,7 vs. 15,3%, $P=0,032$). La digestibilidad fecal de la proteína también se redujo un 4,4% al incluir guisante en lugar de trigo ($P=0,002$), lo que redujo el contenido en proteína digestible del pienso ($P=0,011$), y también se redujo al aumentar el nivel de la fibra soluble (un 3,7%; $P=0,010$).

Estos cambios modificaron el contenido en energía digestible del pienso en conejas nulíparas, que se redujo al incluir guisante ($P < 0,001$). La digestibilidad fecal del almidón empeoró un 1,5% al sustituir el trigo por el guisante ($P = 0,046$), en especial cuando el guisante se combinó con un mayor nivel de fibra soluble, lo que dio lugar a una interacción fibra soluble x tipo de almidón ($P = 0,044$). Así, en conejas lactantes no se observó efecto de los tratamientos sobre la ingestión de MS (que fue un 74% superior al de las conejas primíparas), y digestibilidad de la energía, aunque numéricamente los valores fueron similares a los de las primíparas. El consumo de pienso en el periodo del destete al parto aumentó un 13% al sustituir el trigo (más la harina de colza) por el guisante ($P = 0,004$). Los niveles de fibra soluble y el tipo de almidón no afectaron al número total de nacidos por camada (11,6 gazapos/camada de media; $P \geq 0,24$), y a los nacidos vivos (11,2 gazapos/camada de media; $P \geq 0,31$), observándose una tendencia a reducirse el número de nacidos muertos cuando el trigo se combinó con baja fibra soluble y el guisante con alta fibra soluble ($P = 0,078$). Los niveles de fibra soluble y el tipo de almidón no modificaron la composición química de ninguno de los estados fisiológicos de las conejas durante el ensayo. El periodo entre los 28 d de gestación y el parto fue de media de 2,75 d y tendió a reducirse en las conejas alimentadas con guisante ($P = 0,055$). En este periodo, no se observaron diferencias debidas a los tratamientos ni en el consumo de pienso, de energía digestible ni en la movilización de grasa por parte de las conejas. En definitiva, el trigo sería preferible al guisante como fuente de almidón, mientras que el incremento de fibra soluble no mejora los rendimientos productivos de las conejas.

ABSTRACT

The aim of this research was to study the productive development of rabbits does with the administration of soluble fiber levels supplement with beet pulp and the type of starch in this case that of wheat and pea. To objective, three main objectives were carried out: i) Evaluation of the productive parameters of the rabbits during the first three reproductive cycles. ii) Evaluation of faecal digestibility of nulliparous and lactating rabbits. iii) Estimation of the body chemical composition of rabbits by bioelectrical impedance technique to analyze the energy and nitrogen balance in each cycle. Four diets were formulated according to a factorial structure (2 x 2), with two levels of soluble fiber (FS) (low 6.4% and high 10.6% MS, BFS and AFS, respectively), combined with two types of starch: wheat (with rapeseed meal; T) and pea (G). Thus, 4 diets were obtained: 1) low level of soluble fiber and wheat as source of starch (BFS-T); 2) high level of soluble fiber and wheat as source of starch (AFS-T); 3) low level of soluble fiber and pea as starch type (BFS-G); and, 4) high level of soluble fiber and pea as source of starch (AFS-G). The diets had a similar concentration of crude protein (20.3% DM) and gross energy (18.9 MJ / kg DM), but different levels of starch (BFS: 11.6% and AFS: 17, 3% DM) as pea (BFS: 12.8% and AFS: 17.4%). In this study, 180 inseminated rabbits were used at 123 days of age, which were randomly assigned to the experimental feeds after the gestation was confirmed. After each parturition, the homogenization of the litters was carried out within the treatments and the rabbits were inseminated 11 days later. During the first three births, the chemical composition and energy content of rabbits were measured in artificial insemination, prepartum, parturition and weaning (by bioelectrical impedance), digestibility, productive performance, mortality, feed consumption and litter growth. The experimental period ended on the day of partum corresponding to the third insemination. The total proportion of mortality during the experiment almost doubled in the groups that consumed the pea with respect to wheat (29.7 vs. 15.3%, $P=0.032$). Fecal digestibility of the protein was also reduced by 4.4% by including pea instead of wheat ($P=0.002$), which reduced the digestible protein content of the feed ($P=0.011$), and was also reduced by increasing the level of soluble fiber (3.7%, $P=0.010$). These changes modified the digestible energy content of the diets, which was reduced by including pea ($P<0.001$). Faecal digestibility of the starch get worse by 1.5% when replacing the wheat with the pea ($P=0.046$), especially when the pea was combined with a higher level

of soluble fiber, which resulted in an interaction soluble fiber x type of starch ($P=0.044$). Consequently, in lactating rabbits no effect of the diets was observed on the ingestion of MS (which was 74% higher than that of the primiparous rabbits), and digestibility of the dry matter and energy, while numerically the values were similar of the primiparous. The intake feed in the period of weaning at birth increased by 13% when replacing wheat (plus rapeseed meal) with pea ($P=0.004$). The levels of soluble fiber and the type of starch did not affect the total number of births per litter (11.6 kits / litter on average, $P \geq 0.24$, and live births (11.2 kits / litter on average, $P \geq 0.31$), observing a tendency to reduce the number of abortions when wheat was combined with low soluble fiber and pea with high soluble fiber ($P=0.078$). The levels of soluble fiber and the type of starch did not modify the chemical composition of any of the physiological states of the rabbits during the experiment. The period between the 28th day of gestation and the parturition was of average of 2.75 d and tended to be reduced in the rabbits fed with pea ($P=0.055$). In this period no differences were observed due to the diets or in the feed intake, digestible energy and mobilization of fat by the rabbits. In conclusion, wheat would be preferable to pea as a source of starch, while the increase in soluble fiber does not improve clearly performance of rabbit does.

RÉSUMÉ

L'objectif de ce projet de fin de master a été d'étudier le développement des lapins reproducteurs par rapport à l'administration orale des niveaux de fibres solubles en incluant la pâte de betterave et le type d'amidon, dans ce cas blé et petit pois. Pour atteindre ce but, trois objectifs principaux ont été suivis: i) évaluation des paramètres de production des lapins au cours des trois premiers cycles de reproduction. ii) Évaluation de la digestibilité fécale des lapins nullipares et des nourrissons. iii) Estimation de la composition chimique corporelle des lapins grâce à une technique d'impédance bioélectrique pour analyser le bilan énergétique et azoté de chaque cycle. Quatre aliments ont été élaborés selon une structure factorielle (2 x 2), avec deux niveaux de fibres solubles (FS) (faible 6,4 % et haut 10,6 % MS, BFS et AFS respectivement), combinés avec deux sources d'amidon: blé (farine de colza; T) et pois (G). Quatre aliments pour animaux ont ainsi été obtenus: 1) faible teneur en fibres solubles et en blé comme source d'amidon (BFS-T); 2) teneur élevée en fibres solubles et en blé comme source d'amidon (AFS-T); 3) faible teneur en fibres solubles et en pois comme amidon (BFS-G); et, 4) une teneur élevée en fibres solubles et en pois en tant que source d'amidon (AFS-G). Les aliments pour animaux présentaient la même concentration de protéines brutes (20,3 % MS) et d'énergie brute (18,9 MJ/kg MS), mais des niveaux différents d'amidon pour le blé (BFS: 11,6 % et AFS: 17,3 % MS) et de pois (BFS: 12,8 %). Dans le cadre de cette étude, 180 lapins inséminés ont été étudiés à l'âge de 123 jours et affectés aléatoirement aux aliments expérimentaux après confirmation de la gestation. Après chaque mise-bas, les portées étaient homogènes dans les traitements et les lapins ont été inséminés 11 jours plus tard. Au cours des trois premières parturitions, la composition chimique et la composition en graisses des lapins ont été mesurées lors de l'insémination artificielle, de la préparation, de mise-bas et du sevrage (par impédance bioélectrique). La digestibilité, le rendement productif, le taux de mortalité, la consommation d'aliments pour animaux et la croissance des portées ont aussi été relevés. La période expérimentale s'est terminée le jour de la mise-bas correspondant à la troisième insémination. La proportion totale de lapins touchés au cours de l'expérience a presque doublé dans les groupes consommant des aliments pour animaux contenant des pois par rapport à ceux contenant du blé (29,7 vs. 15,3 %, $P=0,032$). La digestibilité fécale des protéines a également diminué de 4,4 % en incluant des pois à la place du blé ($P=0,002$), ce qui a réduit la teneur en protéines

digestibles des aliments pour animaux ($P=0,011$) et a également diminué en augmentant le niveau de fibres solubles (3,7 %; $P=0,010$). Ces changements ont modifié la teneur en énergie digestible de l'aliment pour animaux, qui a été réduite par l'inclusion de pois ($P< 0,001$). La digestibilité fécale de l'amidon s'est dégradée de 1,5 % en remplaçant le blé par le pois ($P=0,046$) en particulier lorsque le pois a été combiné avec un niveau plus élevé de fibres solubles, ce qui a donné lieu à une interaction fibre soluble x type d'amidon ($P=0,044$). Ainsi, aucun effet des traitements sur l'ingestion de MS n'a été observé chez les lapins en bas âge (soit 74 % de plus que chez les lapins primipares) et la digestibilité de la matière sèche et de l'énergie, bien que numériquement les valeurs étaient similaires à celles des primipares. La consommation de fourrage pendant la période de sevrage à la mise-bas a augmenté de 13 % en remplaçant le blé (plus la farine de colza) par le pois ($P=0,004$). En ce qui concerne la production, les niveaux de fibres solubles et le type d'amidon n'ont pas affecté le nombre total de naissances par portée (11,6 gazapos/portée moyenne; $P=0,24$ et les naissances normales (11,2 gazapos/portée moyenne; $P=0,31$). Nous observons une tendance à la baisse du nombre de morts-nés lorsque le blé est combiné avec une faible teneur en fibres solubles et le pois avec une haute teneur en fibres solubles ($P=0,078$). Au cours des deuxièmes et troisièmes parturitions, les lapins ont obtenu 2,4 gazapos de plus que lors des premières mise-bas ($P< 0,001$), d'où une augmentation de 2,2 gazapos ($P<0,001$). Les niveaux de fibres solubles et le type d'amidon n'ont modifié la composition chimique d'aucun des états physiologiques des lapins au cours de l'essai. La période comprise entre 28 jours de gestation et la mise-bas était en moyenne de 2,75 jours et tendait à diminuer chez les lapins nourris de pois ($P=0,055$) et à s'allonger de 0,45 jour entre le premier et les deux mise-bas suivantes ($P< 0,001$). Au cours de cette période, aucune différence n'a été observée en raison des traitements, de la consommation d'aliments pour animaux, de l'énergie digestible ou de la mobilisation de graisse par les lapins.

INTRODUCCIÓN

Debido al alto coste de la alimentación, el éxito económico de las granjas de conejas depende de la mejora en la eficacia alimenticia y de la reducción de la mortalidad (Maertens, 2010). En las granjas de Europa, la tasa de mortalidad mensual de conejas adultas oscila entre un 2 y 4%, y la tasa de eliminación varía entre un 5 y 9%, según Azard (2006) en Francia, Rosell y Pérez (2005) en España y Xiccato y Trocino (2007) en Italia. El mayor riesgo de eliminación de las conejas reproductoras se produce mayoritariamente en los tres primeros ciclos, siendo dos de las causas más importantes: la baja productividad (infertilidad) y la mala condición corporal (Rosell, 2000; Cartuche et al., 2014). Por otra parte, el balance energético negativo que experimenta la coneja especialmente durante el final de la gestación (Pascual et al., 2013), compromete la condición corporal de la coneja en el inicio de la primera lactación y en la segunda inseminación (Fortun-Lamothe, 2006). Este continuo déficit energético se traduce en una menor eficiencia reproductiva y un mayor riesgo sanitario.

Según lo expuesto anteriormente, para productores, nutricionistas y científicos es de gran interés investigar las posibles interacciones entre los ingredientes/nutrientes y comprender sus efectos sobre los rendimientos productivos de las conejas. Además, tiene gran importancia el llegar a entender la capacidad de las conejas para sostener los rápidos e intensos procesos metabólicos de la lactación y de la gestación, así como las fuertes variaciones en la composición corporal que van a afectar a sus reservas energéticas corporales.

El incremento del nivel de fibra soluble reduce la tasa de reposición de las conejas (Delgado et al., 2018). Este efecto podría estar relacionado con el cambio observado en la microbiota intestinal (Delgado et al., 2015), avalado por el incremento de la fibra dietética digestible (Delgado et al., 2018), más que a los efectos que ejerce la fibra soluble sobre la mucosa intestinal en gazapos tras el destete (Gómez-Conde et al., 2007; El Abed et al., 2011; Castillo, 2013). Otro efecto que podría tener la fibra soluble podría ser un aporte de nutrientes (en forma de ácidos grasos volátiles) más continuo en momentos de menor ingestión (como las horas previas al parto) al fermentar durante más tiempo los ingredientes que la aportan como la pulpa de remolacha (Abad-Guamán et al., 2018). Un efecto similar podría tener fuentes de

almidón de digestión más lenta (como el de guisante), aunque parte del mismo podría ser fermentado en el intestino grueso e incluso no digerido (Gidenne y Perez, 1993; Gutiérrez et al., 2002; Wiseman, 2006; Fohse et al., 2015).

En este contexto, resulta de gran interés estudiar si la inclusión de fibra soluble y diferentes fuentes de almidón puede afectar la condición corporal, especialmente en torno al parto, y a la producción de las conejas.

Capítulo 1: Revisión bibliográfica

1.1 Conejas reproductoras

Actualmente, el sistema productivo más utilizado en cunicultura se basa en un manejo de la explotación en bandas, sistema mediante el cual todas las conejas de la misma banda son sincronizadas e inseminadas el mismo día, independientemente de su receptividad sexual. Esta técnica permite optimizar los rendimientos productivos al limitar el número de hembras improductivas cada ciclo, pero da lugar a que las conejas reproductoras requieran unas elevadas necesidades nutricionales con el fin de alcanzar el ritmo reproductivo adecuado, con inseminaciones cada 35 o 42 días. Generalmente, una coneja reproductora, se encuentra gestante, lactante o en ambos estados fisiológicos (gestante-lactante) al mismo tiempo; estas dos funciones fisiológicas, especialmente la lactancia, son muy costosas en términos de energía, cuyo déficit conduce a la movilización de grasa corporal y a una reducción de sus rendimientos productivos (Theau-Clément y Roustan, 1992; Theau-Clément, 2000, Fortun-Lamothe, 2006).

Por otro lado, se observa una alta tasa de reposición de las hembras en las granjas de conejas reproductoras: 120% por año en promedio, como consecuencia de una alta mortalidad (> 30%) y una alta tasa de eliminación (Guerder, 2002; Rosell y de la Fuente, 2009).

Teniendo en cuenta que las principales razones para la eliminación son el bajo rendimiento reproductivo o la mala condición corporal, es importante comprender mejor las relaciones entre el balance de energía, la condición corporal y el rendimiento reproductivo para estimar la vida útil de las conejas reproductoras. Combinar estrategias de crianza, alimentación, reproducción y manejo de la camada podrían permitir una mejor gestión del balance energético y una mejora del estado corporal y de los rendimientos de las conejas reproductoras (Fortun-Lamothe, 2006; Savieto et al., 2016; Garreau et al., 2017).

1.1.1 Ingestión y balance energético corporal en la coneja reproductora

En las conejas, cerca del 80% de la energía para la reproducción proviene de la ingesta de alimento; el 20% restante procede de la movilización de las reservas corporales (Parigi-Bini

et al., 1992). En el balance energético del animal, influyen tanto factores intrínsecos (número de parto, tamaño de la camada, genética, entre otros) como factores extrínsecos relacionados con las condiciones de crianza (ritmo reproductivo, edad al destete, temperatura ambiental).

La ingestión de alimento granulado disminuye inmediatamente antes del parto (mínimo el día anterior) y luego aumenta considerablemente desde el inicio de la lactancia hasta el pico de lactación (Oger et al., 1978).

Durante la gestación, la ingesta de alimento de las hembras aumenta en un 25-50%. En las primeras 3 semanas de gestación, los requisitos para el crecimiento fetal son pequeños y el balance de energía de las hembras es positivo (3,36 MJ), generando un aumento en las reservas de grasa corporal (+65 g) (Fortun-Lamothe y Gidenne, 2003). Sin embargo, en la última semana de gestación, los requisitos de energía para el desarrollo del útero grávido aumentan muy rápidamente, mientras que la ingestión de alimento disminuye considerablemente en los días previos al nacimiento. En este período se registra un balance de energía negativo (-0,95 MJ) y una transferencia de la masa de grasa corporal a los fetos. Al final, durante toda la primera gestación, el balance es, por lo tanto, positivo (+2,41 MJ) y supone un almacenamiento corporal de grasa (+ 13%) y proteína (+ 4%) (Parigi-Bini et al., 1992).

Durante la lactancia, la ingesta de alimento en las conejas aumenta muy rápidamente después del parto (60–75%). Pero este aumento es insuficiente (ingesta máxima de energía digestible igual a 3,70 MJ/día) para cubrir las necesidades de mantenimiento (1,27 MJ/día) y de producción de leche (2,90 MJ/día). Esto da lugar a que se produzca un balance de energía negativo (-12,30 MJ) y una movilización considerable de la grasa corporal (-52%) (Parigi-Bini et al., 1996), especialmente en primíparas.

El balance energético de las conejas, durante la primera lactación, es peor en comparación con las siguientes (Bolet y Fortun-Lamothe, 2002). Esta situación explica en gran medida los menores rendimientos productivos (tamaño y peso de la camada, producción de leche) observado en las hembras primíparas comparadas con las multíparas (Pascual et al., 1998; Fortun-Lamothe y Gidenne, 2003). La lactancia tiene un efecto perjudicial sobre la receptividad, la tasa de preñez, la viabilidad prenatal (embrionaria y fetal) y el crecimiento

fetal (Theau-Clément y Roustan, 1992; Fortun-Lamothe y Bolet, 1995; Fortun-Lamothe et al., 1999).

Por otra parte, Poujardieu y Theau-Clément (1995) demostraron que el número de parto no tiene efecto en los rendimientos reproductivos después del segundo parto. La relación entre la alimentación y la ingesta energética y el déficit energético corporal se ha demostrado ampliamente en conejas lactantes y gestantes, durante su primer y segundo parto. Por el contrario, las conejas multíparas consumen altas cantidades de alimento, lo que les permite mantener el equilibrio corporal energético-proteico. Esta mayor ingestión de las conejas multíparas sugiere que el déficit corporal podría disminuir en las conejas con un mayor número de partos (Pascual et al., 2000).

Además, el consumo de energía digestible aumenta con el número de parto, pero no es suficiente para la recuperación total de las reservas corporales que se han perdido durante la lactación hasta el cuarto parto. Cuando las hembras están gestantes y lactantes simultáneamente, existe una competencia entre el útero grávido y la glándula mamaria para la utilización de los nutrientes, lo que conduce a un detrimento del crecimiento fetal. Sin embargo, el crecimiento fetal generalmente se compensa durante los pocos días después del destete, pero este crecimiento compensatorio no es total. La composición corporal de los gazapos al nacer está afectada por el solapamiento de la lactación y la gestación de sus madres. Así, la composición corporal de los gazapos de madres lactantes, en comparación con los gazapos de las no lactantes, registra mayor contenido de agua (2,2 puntos) y un menor contenido de proteínas y lípidos (0,3 y 2 puntos, respectivamente) (Fortun-Lamothe y Lebas, 1996).

Una alternativa para reducir la pérdida de energía corporal de las madres en el periodo de lactancia es el destete temprano de la camada. En trabajos previos (Xiccato et al., 2004) se ha observado que cuando el destete disminuye de 32 a 21 días, el déficit de energía corporal de las conejas también se redujo (de 19,4% a 8,0%). Además, los resultados de este estudio mostraron que las conejas multíparas presentaron un déficit de energía menor que el de las primíparas, pero aún relevante; y estos autores afirmaron que el destete temprano permitía reducir el déficit de energía corporal, especialmente en conejas con pocos partos. No obstante, con los destetes muy tempranos (21 d), hay que tener en cuenta la mortalidad de

los gazapos durante el cebo en las condiciones de explotaciones comerciales, que actualmente no lo hacen viable.

1.1.2 Movilización corporal de la grasa en la coneja reproductora

La movilización de la grasa corporal es el resultado de una prioridad metabólica para asegurar la supervivencia de los animales, cuya respuesta depende de las condiciones ambientales y, además, de un componente genético que controla el tamaño y la movilización de la grasa corporal (Friggens, 2003; Theilgaard, 2006). Por otra parte, cuando en un animal aparecen diversos factores que alteran su nivel adecuado de reservas, aumenta su susceptibilidad a enfermedades, estrés y eventuales fallos reproductivos.

Las conejas que no son capaces de movilizar la grasa corporal tienen poca oportunidad de mantener una vida productiva larga; al mismo tiempo un nivel de grasa bajo y una alta movilización de grasa determinan la baja fertilidad y aumenta el riesgo de eliminación (Quevedo et al., 2005). De hecho, las conejas que son capaces de encadenar cuatro inseminaciones consecutivas positivas son capaces de una mayor movilización de grasa durante la primera lactación que la media, pudiendo recuperar en ocasiones su condición corporal de la primera inseminación en torno al cuarto parto (Delgado et al., 2017 y 2018).

El nivel de reservas corporales difiere según la etapa fisiológica del animal. Durante el ciclo reproductivo y la vida reproductiva de la coneja, su condición corporal cambia diariamente. En las conejas jóvenes esta condición corporal aumenta hasta el final de la primera gestación, alcanzando su máximo 10 días antes del parto. Desde este día hasta el parto, la coneja muestra la mayor movilización de reservas corporales, mientras que la condición corporal muestra el nivel más bajo. Varios estudios confirman estos resultados, en los cuales se controló la condición y la composición corporal mediante diferentes métodos *in vivo* (grosor de la grasa perirrenal (Quevedo et al., 2005, 2006a; Theilgaard 2006; Theilgaard et al., 2009) o composición química corporal (Rebollar et al., 2011; Romero et al., 2011; Delgado et al., 2017 y 2018)). En la investigación realizada por Rebollar et al. (2011), la concentración en la sangre en ácidos grasos no esterificados (NEFA) de primíparas alcanzó el nivel más alto en el parto (en promedio 0,9 mmol/L) en comparación con el nivel obtenido a las 17 semanas de edad (0,22 mmol/L) y a los 21 días de lactancia (0,33 mmol/L). Dichos autores

relacionaron estos resultados con el mayor crecimiento de los fetos alcanzado al final de la gestación, mientras que el cuerpo materno estaba sujeto a un catabolismo intenso. Posteriormente, las reservas corporales se recuperan durante la primera etapa de la lactancia y alcanzan su máximo alrededor del día 10 de lactación. Varios autores describen incrementos significantes (5-15%) en el consumo desde el primer ciclo productivo al segundo y del segundo al tercero (Xiccato et al., 2004). Estos autores sugieren que las características evolutivas de las conejas se relacionan con el tamaño de la camada y con su productividad numérica, pero la recuperación temprana de las reservas corporales se relaciona con su fertilidad el día posterior al parto. Este evento sugiere que las hembras priorizan la camada actual hasta su siguiente parto (esfuerzo de parto), pero priorizarán a la siguiente camada inmediatamente después del destete (rápida recuperación después del parto).

Pascual (2010) menciona que una cantidad adecuada de reservas corporales alrededor del parto son importantes para los siguientes partos de la coneja. Según Quevedo et al. (2006b), la condición corporal de la coneja determina o limita el éxito de la inseminación artificial a los 10 días de la lactancia; además sugiere que cuanto mayor sea la pérdida de las reservas de pre-parto, mayor será la recuperación post-parto. Rosell y de la Fuente (2009), describieron la etapa de gestación como uno de los principales factores que afectan la mortalidad, y que el riesgo de mortalidad por día aumenta a medida que la preñez avanza, alcanzado su máximo alrededor del parto.

En la literatura científica revisada se menciona que las conejas son susceptibles al déficit de energía corporal durante la lactancia, especialmente los híbridos comerciales altamente productivos, cuya alimentación voluntaria y el consumo de energía son insuficientes para cubrir las necesidades nutricionales de las conejas en lactación y gestación (Xiccato, 1996; Pascual et al., 2006; Fortun-Lamothe, 2006). Durante la lactancia, especialmente en las primíparas, se registran balances negativos debido a que la ingesta voluntaria está limitada (Pascual et al., 2002; Bolet y Fortun-Lamothe, 2002). Con el fin de paliar este déficit energético, Pascual et al. (2006) analizaron el efecto de suministrar dietas energéticas durante la lactación para aumentar la ingestión de energía durante la lactancia (+ 15%), sin embargo, en estos casos la energía parece ser más utilizada para aumentar la productividad de las conejas que para la recuperación de su condición corporal (Pascual et al., 1999).

En lo referente al destete, varias investigaciones señalan que, a pesar de los diferentes programas de alimentación y manejo utilizados, e independientemente de las diferencias de la condición corporal en el parto, las conejas alcanzaron un nivel similar de grasa corporal en el destete. Es decir, no se establecieron diferencias significativas de la condición corporal durante este periodo del ciclo reproductivo. Por tanto, no se explica claramente la correlación entre la movilización de la grasa durante la lactancia con el esfuerzo de la lactancia, que comprende: ritmo reproductivo, tamaño de la camada, producción de leche, entre otras (Theilgaard et al., 2009; Rebollar et al., 2011; Delgado et al., 2017 y 2018).

Uno de los factores que condicionan la ingesta de energía después del destete es la condición corporal de la hembra y la principal consecuencia en una coneja lactante y gestante es la reducción de la producción de leche. En este sentido, Theilgaard et al. (2006) observaron cómo el riesgo relativo de sacrificio fue significativamente mayor ($P < 0,001$) desde el destete hasta el siguiente parto (7,16) en comparación con la lactancia (2,44) en la coneja reproductora.

1.1.3 Toxemia en las conejas reproductoras

La toxemia, es una enfermedad generada por un aporte insuficiente de glucosa de la coneja a los fetos y los trastornos derivados de la mayor actividad metabólica de las hembras, que suplen esa deficiencia con la movilización de las reservas corporales, y concretamente con los depósitos grasos. Afecta esencialmente a conejas en gestación y lactación, aunque también se observa en hembras no gestantes y pseudogestantes (Rosell, 2000).

Dicha enfermedad metabólica se produce por la demanda energética de los fetos, la cual aumenta en el último tercio del periodo de gestación. Si el aporte de la glucosa de la madre es insuficiente debido a la falta de ingestión de alimento, se produce un aumento del catabolismo proteico, adiposo y el envío de ácidos grasos al hígado. Cuando la producción y el consumo están descompensados, aparecen un exceso de cuerpos cetónicos y un cúmulo de triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad que se depositan en los hepatocitos (Greene, 1938).

Como consecuencia, se produce una hipoglucemia, acidosis metabólica y degeneración grasa del hígado, y se presenta un cuadro de toxemia de gestación o de cetosis de lactación, cuando esta alteración tiene lugar en el posparto. Se ha demostrado que existe una variabilidad individual asociada a la producción de insulina y a la capacidad glucogénica del hígado; no obstante, la obesidad también es un factor predisponente (Quesenberry et al., 2012). Por tanto, la toxemia gestacional afecta tanto a las conejas mal alimentadas como a las obesas, así como a las conejas prolíficas y saludables que se alimentan con un pienso equilibrado durante las tres semanas últimas de gestación. La transición a un pienso rico en proteínas y energía durante la última semana puede generar efectos negativos en el estado del animal. Las conejas muy jóvenes y las más viejas son más susceptibles a esta patología (Gruaz et al., 2017).

A menudo se presentan cuadros subclínicos de toxemia; pero, pueden ser clínicos, los cuales terminan en muerte, o de forma sinérgica con otros trastornos (neumonía o insuficiencia hepatorenal) (Rosell, 2000).

Los episodios de toxemia de gestación, en el caso de primíparas principalmente, están vinculados a los sistemas de alimentación de cría *ad libitum*, que llevan a las hembras a una mayor movilización de reservas al final de la gestación, a un menor tamaño de camada al nacimiento o a un mayor riesgo de muerte o de sacrificio (Pascual, 2010).

Durante la necropsia, el hígado, tiroides, corazón, riñones y glándulas suprarrenales presentan un color pálido; otros órganos pueden presentar infiltraciones grasas y focos necróticos. El estómago contiene poca comida por el bajo tránsito intestinal y se visualizan hemorragias en la placenta y en el útero (Gruaz et al., 2017).

Como alternativas de control se incluyen el tratamiento antimicrobiano cuando en la maternidad hay un incremento de trastornos respiratorios o digestivos. Además, se recomienda emplear otros medios complementarios, como la paja y la restricción de pienso hasta el día de parto. Rommers (2003), verificó que la restricción de la alimentación durante la recría aumentaba la capacidad de ingestión de las conejas en la primera lactación y mejoraba su capacidad productiva, aumentando el número de nacidos vivos. Con el fin de atenuar los cuadros clínicos y subclínicos de la toxemia, se pueden emplear suplementos

nutricionales, administrados poco antes del parto. En algunos estudios se observó que la suplementación con celobiosa ejerció un efecto positivo en la salud de las conejas cuando se alimentaron con una dieta baja en fibra soluble, observándose unas mayores concentraciones de butirato en el intestino delgado de éstos. El butirato protege la salud de la mucosa intestinal y ha mostrado prevenir la colonización de patógenos entéricos en el tracto gastrointestinal mediante la regulación positiva de la expresión de un péptido antimicrobiano epitelial en conejos (Raquib et al., 2006; Cushing et al., 2015). Varios autores consideran como otra medida, controlar obesidad en las nulíparas (Rosell, 2000) para evitar la toxemia en las conejas reproductoras.

1.2 Estrategias nutricionales en conejas reproductoras

Se han realizado varios estudios para comprender la influencia del aumento del contenido de energía en el alimento sobre la condición corporal y/o los rendimientos productivos de las conejas (Pascual et al., 2003). En estas investigaciones se administraron alimentos ricos en energía, ya sea por un corto período de tiempo antes de la inseminación, durante todo el período de lactancia o durante todo el ciclo reproductivo. Los efectos observados determinaron que el aumento en el contenido de energía en la alimentación generalmente permite un aumento en la ingesta de energía; sin embargo, los efectos sobre el déficit de energía y la movilización de reservas corporales de las hembras durante la lactancia dependen de la fuente de energía. Los piensos enriquecidos con grasa conducen a una mayor movilización de grasa corporal debido a una estimulación de la producción de leche. Por el contrario, un pienso enriquecido con almidón permite limitar la movilización corporal durante la lactancia. Durante la primera lactación, se producen cambios energéticos en primíparas lactantes gestantes, con una movilización de grasa de -37 a -59% y una pérdida energética de -24% a -32% del contenido inicial (Pascual, 2010).

Por otra parte, no hay que olvidar que la fibra es la parte cuantitativamente más importante de los piensos de conejos puesto que sus necesidades son mayores que las de otros animales monogástricos como pollos o cerdos (32-35% FND; 12% FS). Un aporte insuficiente de fibra en la dieta supone una alta incidencia de problemas digestivos y cambios en la fisiología del aparato digestivo. La fibra debe proporcionar una velocidad de tránsito de la digesta en el

intestino adecuada, pero también debe de asegurar un mínimo de sustrato fermentable en el ciego, necesario para mantener el metabolismo microbiano implicado en la cecotrofia (Gidenne et al., 2010).

1.3 Nivel de fibra soluble

La fibra es el principal constituyente de la alimentación para conejos, ya que representa el 40 y el 50% de su dieta. Además, es un importante sustrato energético para la microbiota intestinal (Gidenne et al., 2010). El nivel y tipo de fibra en la dieta puede afectar la velocidad de tránsito, la microbiota intestinal, la fermentación cecal e ileal, el mantenimiento de la integridad de la mucosa intestinal y a los rendimientos de los conejos. Los diferentes tipos de fibra varían según la composición química y solubilidad, lo que influye en la fisiología digestiva. La fibra dietética tiene dos fracciones distintas, insoluble y soluble, y ambas desempeñan un papel importante en las funciones digestivas y la salud del conejo (De Blas et al., 1999; García et al., 2002; Gidenne et al., 2010; Trocino et al., 2013b). Por otra parte, aquellos ingredientes fibrosos con una mayor proporción de partículas finas (<0,3 mm) aumentan el tiempo medio de retención de la digesta y provocan una acumulación de ésta en el ciego, que aumenta su peso relativo. Sin embargo, también aumentan la fermentación y la digestión de la fibra, pueden aumentar la concentración total de ácidos grasos volátiles (AGV), disminuyen el pH cecal y aumentan el nitrógeno microbiano reciclado a través de la cecotrofia (García et al., 1999; García et al., 2000; Nicodemus et al., 2006).

La fibra soluble es una fracción menor, heterogénea y altamente degradable de la fibra dietética total (Trocino et al., 2013a). Sus componentes principales son las sustancias pécticas, (1-3) (1-4)- β -glucanos, fructanos y gomas (Hall, 2003). En el pienso de conejos se suele aumentar incluyendo pulpa de remolacha o de cítricos, ingredientes que poseen además fibra insoluble poco lignificada y más fácilmente digerible (Van Soest et al., 1991).

La fibra soluble ha demostrado su interés en gazapos tras el destete. Su incorporación en la alimentación mejora la morfología, la funcionalidad de la mucosa intestinal y la respuesta inmune (Gómez-Conde et al., 2007) y modifica la microbiota intestinal (Gómez-Conde et al., 2009). En estudios recientes, la digestibilidad fecal aparente de la fibra soluble ha oscilado entre 69,7 y 95,1%, siendo en promedio 84,9% (Trocino et al., 2010, 2011, 2013a; Abad-

Guamán et al., 2015). En el estudio realizado por García et al. (2002), se mencionó que la adición de fibra soluble disminuyó el pH y aumentó la concentración de AGV en el ciego.

En trabajos previos, se ha encontrado que la inclusión de fibra soluble en la dieta en sustitución de fibra insoluble, mejoró la estructura (altura de las vellosidades/profundidad de las criptas), la funcionalidad (mayor actividad de la sacarosa) de la mucosa del intestino delgado y la respuesta inmune después del destete (Gómez-Conde et al., 2007). De esta forma, el nivel de inclusión de fibra soluble está relacionado negativamente con la mortalidad (Trocino et al., 2013a), si bien parece que estos efectos podrían deberse también a la fracción insoluble pero fermentable de la fibra de la pulpa de remolacha (El Abed et al., 2011). La reducción de la mortalidad en el período posterior al destete se observa en las explotaciones afectadas por enteropatía epizoótica del conejo (EEC) (Martínez-Vallespín et al., 2011; Trocino et al., 2013b). Esto puede estar relacionado con un efecto positivo sobre la reducción del crecimiento de algunas bacterias entéricas (Gómez-Conde et al., 2007); sin embargo, este efecto aún no está claramente descrito (García *et al.*, 2002; Gidenne y Licois, 2005). Es decir, el nivel de fibra también se puede relacionar con la modulación de la microbiota cecal, probablemente cuando se modifica la cantidad y el tipo de sustrato que llega al ciego (Gómez-Conde et al., 2007; 2009; Abad-Guamán et al., 2015), lo que limita el desarrollo de *Clostridium perfringens* y reduce el incremento de patógenos oportunistas (*Campilobacter spp*) en el íleon y en el ciego (Gómez-Conde et al., 2007).

Por otra parte, los cambios en la morfología de la mucosa intestinal podrían depender de la edad, sin embargo, la información sobre la dinámica de la producción de mucinas es escasa. Los conejos afectados por EEC presentan una gran cantidad de moco secretado por el intestino delgado como respuesta a la enfermedad (Licois et al., 2005). Esta secreción podría estar influenciada por la dieta, dependiendo de la solubilidad de la fibra. En cuanto a la relación de la secreción de mucina intestinal y la fibra dietética soluble no se ha dilucidado por completo. En algunos estudios se ha observado que la suplementación con un 5% de fibra de pulpa de cítricos en una dieta purificada produjo un aumento de la secreción de mucinas el intestino delgado y el colon. Según Ito et al. (2009) la secreción del contenido de mucina luminal del yeyuno y el íleon, y el número de células caliciformes en el yeyuno y el íleon, aumentaron en proporción al peso molecular de la fuente de fibra soluble. Estas

observaciones pueden sugerir que la viscosidad de la fibra soluble podría ser un factor contribuyente en la secreción de mucina del intestino delgado (Piel et al., 2015).

Los conejos al destete (25-35 días de edad) poseen una flora cecal que no está completamente desarrollada en comparación con los animales adultos (Ocasio-Vega et al., 2018). Según la literatura científica revisada, la flora está especializada en la fermentación de carbohidratos solubles (Gidenne, 1997; Marounek, Vovk y Skřivanová, 1995; Lavrenčič, 2007).

En el caso de las conejas reproductoras, la inclusión de la fibra soluble, reduce el consumo de alimento y, como consecuencia, la ingesta de energía y proteína digestible (Martínez-Vallespín et al., 2011). Esta reducción del consumo de alimento con el aumento de la fibra soluble en la dieta podría estar relacionado con un aumento del contenido cecal (García et al., 2002; Gómez-Conde et al., 2009; Martínez-Vallespín et al., 2013). Generalmente, la fibra soluble no tiene efecto en la ganancia media diaria; sin embargo, al reducir la ingesta de alimento, mejora el índice de conversión del alimento (Carabaño et al., 1997; Falcao-Cunha et al., 2004; Gómez-Conde et al., 2007; Martínez-Vallespín et al., 2011). Además, el peso final también puede mejorar (Trocino et al., 2013b), lo cual podría estar relacionado con el mayor aumento del contenido cecal debido a la acumulación de la digesta y el incremento de la viscosidad intestinal (García et al., 2002; Volek et al., 2007; Gómez-Conde et al., 2009; Martínez-Vallespín et al., 2013).

1.4 Nutrientes glucogénicos: almidón

La capacidad de ingestión energética constituye, generalmente, el factor más limitante en cuanto a que cada suceso que contribuye a aumentar el apetito tiende también a determinar un incremento en las producciones de las conejas reproductoras. El mecanismo de regulación del apetito en el conejo es quimiostático, por lo que la cantidad de energía ingerida permanece constante al peso metabólico ($PV^{0.75}$) siendo menores para las conejas en primera lactación las cuales van aumentando con las lactaciones consecutivas (1,100 -1,300KJ/día de ED) (Xiccato et al., 1996).

Los carbohidratos son el principal componente y fuente de energía de los piensos de conejos. Los niveles más óptimos de almidón (19%) y de fibra (36% FND) para conejas son, con toda

probabilidad, también aquellos que garantizan un mejor crecimiento y estado sanitario de la camada durante el destete (Barreto y de Blas, 1993; de Blas y Mateos, 2010).

La clasificación nutricional de los carbohidratos se relaciona con la capacidad de la enzima endógena para hidrolizarlos (digeridos y no digeridos). Los carbohidratos no digeridos son potencialmente fermentados por la microflora en el intestino. La clasificación funcional/fisiológica de los carbohidratos se centra en sus beneficios potenciales para la salud, como actividad de los prebióticos (Abad-Guamán, 2015).

No obstante, existe muy poca información sobre el efecto del nivel de almidón de la dieta sobre los rendimientos productivos de conejas. Un contenido mínimo de almidón y azúcares en la dieta es necesario, por ejemplo, para proporcionar glucosa para la síntesis de lactosa de la leche o para el crecimiento de los fetos. Por otra parte, un exceso de almidón en la dieta y/o un déficit de fibra puede promover la incidencia de problemas digestivos (Barreto y de Blas, 1993)

Las estrategias de alimentación, destinadas a aumentar la ingesta de energía de las primíparas, utilizan piensos con diferentes fuentes de energía. Las principales son los cereales (almidón) y las grasas de origen animal o vegetal. Sin embargo, sus efectos en la ingesta voluntaria de alimento, la productividad y el balance energético de las reproductoras son diferentes (Fernández-Carmona et al., 2000).

Aunque los piensos de alta energía aumentan la ingesta de energía digestible (DE), ésta se utiliza principalmente para producir leche en el caso de las dietas ricas en grasa, mientras que el almidón, como fuente principal en la dieta, induce una mayor ganancia de peso vivo (Pascual et al., 1999). Un estudio realizado Barreto y de Blas (1993) muestran de forma general que una concentración de almidón en la dieta de un 20% sobre MS, correspondiente a un nivel de FND de un 35,5%, es óptima para conseguir una eficacia máxima en rendimientos reproductivos, peso de los gazapos al destete e índice de transformación del pienso. Desviaciones de 6 unidades porcentuales por encima o por debajo de este óptimo supusieron un empeoramiento de todos estos parámetros de un 5-7%.

Fortun-Lamothe y Lebas (1996) describieron el incremento del peso del tejido adiposo cuando se administra un pienso con un 20% de almidón, mientras que otros autores

mencionaron un aumento en el contenido energético corporal, cuando el tratamiento tiene un nivel alto en almidón (2610 kcal/kg, 18,6% PB y 12,1% FB en primíparas) (Xiccato et al., 1996). Esta diferencia de resultados se puede atribuir parcialmente al tipo de fuente de energía utilizada en los diferentes experimentos y al método de medición en los cambios en la condición corporal.

En animales no rumiantes, la disponibilidad de almidón para la digestión depende de varios factores, incluidos la edad del animal, el origen botánico y los tratamientos tecnológicos. En general, los almidones de cereales son más fáciles de digerir que los almidones de leguminosas. También existen diferencias entre los cereales en relación con la textura del endospermo y la relación amilasa/amilopectina. Además, el procesamiento tecnológico puede inducir una transformación física beneficiosa del almidón (Colonna y Champ, 1990).

La digestión y la velocidad de crecimiento en el conejo podrían verse afectados por la fuente de almidón debido a cambios graduales en la actividad enzimática intestinal y la fermentación cecal. Un estudio de Gidenne y Pérez (1993) demostró que el consumo y la ganancia media diaria difirieron entre los piensos con diferentes fuentes de almidón. El almidón de cebada y el maíz purificado se degradaron completamente, independientemente de la edad. Además, se observó una buena digestibilidad de los piensos que contenían alta inclusión de guisantes (60%), con pérdidas fecales significativas, pero relativamente bajas de almidón (2,2%). Este resultado distingue al conejo de otros animales monogástricos en los que el almidón no se hidroliza fácilmente (Bengala-Freire et al., 1991), debido a que contiene almidón resistente (Colonna y Mercier, 1979), y galactósidos en menor medida (Cerning-Beroard y Filiatre, 1976). Otros estudios indicaron una buena utilización de guisantes en conejos en crecimiento, pero con una menor inclusión en el pienso (menos del 45%) considerado todo el crecimiento (Seroux, 1984).

Los cambios en la hidrólisis del almidón en el intestino delgado de animales monogástricos modifican la cantidad de almidón fácilmente fermentable en el ciego y, en consecuencia, podrían afectar la fermentación cecal y la degradación de la pared celular (Demigné y Rémesy, 1982; Drochner, 1991; Levrat et al., 1991). Cuando en los piensos se incluyen niveles elevados de grasa, y bajos de almidón, se puede producir un déficit metabólico de glucosa (de Blas et al., 1995) y empeorar los rendimientos de los animales. La glucosa es

necesaria para la síntesis de lactosa de la leche y para la supervivencia y el crecimiento fetal (Fortun-Lamothe et al., 1993). Por otra parte, un exceso de almidón puede empeorar los rendimientos de las conejas e incrementar la incidencia de trastornos digestivos (De Blas et al., 1995).

La concentración de almidón ileal podría modificarse por variaciones en el nivel o en la naturaleza del almidón dietético. La concentración de almidón ileal difiere notablemente según el origen del almidón, desde el 0,6% para la dieta de cebada hasta casi el 3% para la dieta de maíz. Además, en el íleon terminal de conejas, el nivel de azúcares totales podría ser mayor que el del almidón (Gidenne y Ruckebusch, 1989). Por lo tanto, sería necesario analizar a fondo la composición del flujo ileal y la relación con la degradación de la fibra y la velocidad de tránsito digestivo.

Sin embargo, el almidón resistente y los oligosacáridos se han convertido en otra fuente importante de sustratos de fermentación para la microflora intestinal. Se debe considerar que otros nutrientes podrían afectar la fermentación cecal, como las sustancias endógenas y los oligosacáridos. Algunos autores han estudiado el efecto de la proporción de almidón/fibra del pienso en los procesos digestivos del conejo (Herrmann, 1989; Gidenne, 1992) y han sugerido posibles modificaciones del patrón de fermentación cecal.

En la coneja reproductora, como se comentó anteriormente, el problema se encuentra relacionado con el nivel energético de la dieta, ya que las necesidades de aumentar el contenido en ED de la dieta, sobretodo aumentando el contenido de almidón, compromete el riesgo de disminuir la fibra por debajo del valor obtenido como seguro para la salud de las conejas y sus camadas. La necesidad de encontrar fuentes alimentarias que puedan aportar la cantidad de fibra necesaria, pero sin reducir el valor energético de las raciones de conejas reproductoras, se ha desarrollado en varias líneas de trabajo. Un trabajo interesante fue el de Blas et al. (1995) que formularon 5 dietas en las que se fueron sustituyendo los niveles de almidón (del 23,6 al 11,7%) por FND (del 27,7 al 37%) y grasa (del 2 al 5,1%) para que los piensos fueran isoenergéticos. La dieta intermedia que contenía un 17,1% de almidón y un 32,3% de FND, fue la que consiguió los mejores resultados productivos y reproductivos.

En este sentido, es importante entender por qué las conejas son capaces de mantener los rápidos e intensos procesos metabólicos de la lactación y de la gestación, así como las fuertes variaciones en la composición corporal relacionados con las reservas energéticas corporales. Este continuo déficit energético se traduce en una menor eficiencia reproductiva, ya que la coneja no queda gestante, para poder así recuperar sus reservas corporales perdidas. La solución definitiva a este déficit energético no se encuentra todavía al alcance de la mano, puesto que es necesario llevar a cabo medidas de carácter nutricional en el equilibrio almidón/fibra, con el objetivo de maximizar el balance energético corporal en distintos estados fisiológicos de las conejas a fin de mejorar una correcta fisiología digestiva y metabólica de las mismas.

Capítulo 2: Objetivo del estudio

El objetivo general del presente trabajo fue estudiar el efecto de dos niveles de fibra soluble (obtenida fundamentalmente a partir de pulpa de remolacha) y el tipo de almidón en el pienso sobre los rendimientos productivos de conejas reproductoras.

Para tal fin se llevaron a cabo los siguientes objetivos parciales: i) Evaluación de los parámetros productivos de las conejas durante los tres primeros ciclos reproductivos. ii) Evaluación de la digestibilidad fecal de las conejas nulíparas y lactantes. iii) Estimación de la composición química corporal de las conejas mediante técnica de impedancia bioeléctrica.

Capítulo 3: Material y métodos

3.1 Piensos experimentales

Se formularon cuatro piensos de acuerdo con una estructura factorial (2×2), con dos niveles de fibra soluble (FS) (bajo 6,4% y alto 10,6% MS, BFS y AFS, respectivamente), combinados con dos fuentes de almidón: trigo (con harina de colza; T) y guisante (G). Así, se obtuvieron 4 piensos: 1) bajo nivel de fibra soluble y trigo como fuente de almidón (BFS-T); 2) alto nivel de fibra soluble y trigo como fuente de almidón (AFS-T); 3) bajo nivel de fibra soluble y guisante como tipo almidón (BFS-G); y, 4) alto nivel de fibra soluble y guisante como fuente de almidón (AFS-G). Los piensos tuvieron similar concentración de proteína bruta (20,3% MS) y de energía bruta (18,9 MJ/kg MS), pero diferentes niveles de almidón, tanto para el trigo (BFS: 11,6% y AFS: 17,3% MS) como guisante (BFS: 12,8 % y AFS: 17,4 %). Los ingredientes y la composición química de los piensos se muestran en la Tabla 1.

3.2 Animales y alojamientos

El ensayo experimental se llevó a cabo con 180 conejas reproductoras nulíparas Neozelandés Blanco x Californiano que llegaron de la granja de multiplicación con aproximadamente 60 d de edad, y se criaron alimentadas ad libitum con un pienso rico en fibra (49,8% fibra dietética total, 16,4% almidón, 17,9% proteína, sobre MS). Las conejas se ubicaron al azar en dos naves distintas (90 conejas/nave). Se inseminaron a los 123 d de edad con un peso corporal medio de $3,5 \pm 0,3$ kg (media \pm desviación estándar) y con una composición química corporal (%): 60.7 ± 0.18 humedad, 18.3 ± 0.30 de proteína, 14.2 ± 0.19 de grasa, $3,2 \pm 0,1$ de cenizas y $10.8 \pm 0,7$ MJ de energía bruta. Con el fin de sincronizar el estro 48 horas antes de la inseminación se inyectó 25 UI de gonadotropina coriónica equina (Serigan laboratorio. Ovejero, León) (Rebollar et al., 2006). El día de la inseminación se inyectó intramuscularmente a las conejas busarelina (Suprefact[®], Hoechst Marison Roussel, S.A., Madrid), antagonista de la hormona liberadora de gonadotropina usada para inducir la ovulación en conejas (Quintela et al., 2004). El semen utilizado a lo largo del ensayo se obtuvo de conejos machos de la línea R de la Universidad Politécnica de Valencia. En la primera inseminación artificial se registró el peso de las conejas, consumo de pienso y se midió la impedancia bioeléctrica (técnica descrita posteriormente).

Tabla 1. *Ingredientes y composición química de los piensos experimentales.*

Ítem	Trigo		Guisante	
	Baja FS	Alta FS	Baja FS	Alta FS
	BFS-T	AFS-TP	BFS-G	AFS-GP
Ingredientes, %				
Salvado	27	0	27	0
Pulpa de remolacha	0	16	0	16
Harina de colza	12	20	0	6
Granilla desengrasada de uva	11	12	13	14
Guisante	0	0	25	25
Trigo	15,9	18	0	2
Harina de girasol 28	10	10	10,88	12,89
Alfalfa deshidratada	18,5	18,5	18,5	18,5
Melaza	1,5	1,5	1,5	1,5
Manteca	1	1	1	1
Aceite de palma	1	1	1	1
Lisina	0,4	0,3	0,16	0,09
Metionina	0,15	0,2	0,16	0,19
Treonina	0,08	0,05	0,09	0,06
Triptófano	0	0,05	0,04	0,07
Fosfato monocálcico	0	0,7	0,22	0,95
Carbonato cálcico	1	0,3	1	0,3
Cloruro sódico	0,25	0,25	0,25	0,25
Corrector vitamínico-minera ¹	0,2	0,2	0,2	0,2
Composición química, % MS				
Materia seca	90,6	90,8	90,6	90,8
Cenizas	7,57	7,11	7,85	7,13
Proteína bruta	19,9	20,4	20,2	20,4
PB-Fibra dietética total	7,40	7,63	7,44	7,75
PB-Fibra neutro detergente	4,16	5,17	2,94	3,83
Fibra dietética total	43,2	46,3	43,7	47,0
Fibra neutro detergente ²	36,6	37,5	34,7	34,9
Fibra soluble (TDF-FND)	6,7	8,8	9,0	12,1
Almidón	17,3	11,6	17,4	12,8
Extracto etéreo	4,73	3,50	4,76	3,82
Azúcares	6,78	8,58	6,49	8,52
Energía bruta, MJ/kg MS	19,1	18,8	18,9	18,9
Inhibidores tripsina, mg/g MS	0,39	0,47	0,96	0,88

BSF-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón más pulpa de remolacha. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón más pulpa de remolacha. Corrector vitamínico y mineral (por kg de pienso): 20 mg de Mn en MnO; 59,2 mg de Zn en ZnO; 10 mg Cu en CuSO₄ 5H₂O; 1,25 mg de KI; 0,495 mg de Co en CoCO₃ H₂O; 76 mg de Fe en FeCO₃; 8375 µL de vitamina A; 750 µL de vitamina D₃; 20 µL de vitamina E de DL- α -tocoferol-acetato, 1,0 mg vitamina K; 1,0 mg vitamina B₁; 2 mg vitamina B₂; 1 mg de vitamina B₆; 20 mg de Niacina; 54,1 mg de betaína; 137,5 mg de cloruro de colina; 66 mg de robenidina.

Una vez confirmada la gestación a los 133 d de edad, las conejas (169 en total) se asignaron al azar entre los cuatro tratamientos que fueron suministrados *ad libitum*.

Las posteriores inseminaciones se realizaron a los animales 11 días después del parto. El ensayo finalizó el día del tercer parto. Las adopciones de los gazapos se hicieron entre conejas pertenecientes a los mismos tratamientos. La mortalidad de los gazapos se registró durante la lactancia hasta el destete (25 días de lactancia).

Se realizó el control (peso vivo de conejas, consumo de alimento e impedancia bioeléctrica) el día de la inseminación (después de la misma), en el preparto, inmediatamente después del parto y en el destete, para determinar la composición corporal de las conejas hasta el día del tercer parto.

Durante el ensayo, se restringió alimentariamente a las conejas que no confirmaron gestación 150 g/d y se excluyó a los animales que no quedaron gestantes en dos inseminaciones consecutivas y conejas con problemas sanitarios. Los animales se alojaron individualmente en jaulas (60×50×32 cm) y tres días antes del parto se colocó un nidal externo (35×23×36 cm) con virutas de madera. Las conejas se dividieron en dos naves de ambiente controlado (84 conejas/nave) con 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, y con una temperatura que osciló entre los 18 y 24 °C con acceso *ad libitum* a los piensos experimentales y agua.

Las causas de mortalidad registradas en este ensayo se definieron acorde a problemas en torno al parto. Por eliminación, conejas que presentaron problemas sanitarios y reproductivos. Y otros, en los cuales las conejas presentaban signos de accidentes dentro de las jaulas o muerte inesperada.

La producción de leche se calculó según la ecuación (Farías et al., 2017):

Para conejas primíparas: $Producción\ de\ leche: 774.07 + (1.6472 - 0.03450) \times Pcam20d$

Para conejas multíparas: $Producción\ de\ leche: 774.07 + 1.6474 \times Pcam20d$

Dónde,

Pcam20d: peso de la camada a los 20 días.

Todos los procedimientos experimentales utilizados se ajustaron a las directrices españolas para el cuidado y uso de animales en investigación (BOE, 2013) y fueron autorizados por la Dirección General de Agricultura y Ganadería de la Comunidad de Madrid (PROEX 328/15).

3.3 Estimación de la condición corporal y movilización de reservas corporales de las conejas

Para determinar la composición química y el contenido energético corporal de las conejas se utilizó la técnica de la impedancia bioeléctrica con las ecuaciones de predicción desarrolladas por Nicodemus et al. (2009) y Pereda (2010). Para ello se tomaron las medidas de resistencia y reactancia con un analizador de composición corporal (Modelo Quantum II, RJL Systems, Detroit, MI, EE.UU.) durante la inseminación artificial, el parto, una hora después del parto y el día del destete de las camadas (25 d). Los resultados obtenidos se utilizaron para estimar las proporciones de agua, proteína, ceniza, grasa y energía con respecto al peso corporal de las conejas.

La pérdida de grasa de la coneja correspondiente a la placenta y la camada se determinó de acuerdo a los datos de Fortun-Lamothe et al. (1994):

$$\text{Pérdida de grasa} = ([P_f(g) + P_p(g)] \times \% \text{grasa}_{fp}) \times NT$$

Dónde,

P_{fetal} (g): peso fetal

P_{placenta} (g): peso de la placenta

% grasa fp: porcentaje de grasa fetal y placenta

NT: Número total de gazapos nacidos vivos y muertos

3.4 Determinación de la digestibilidad fecal

Un total de 44 conejas nulíparas no gestantes (11/tratamiento) que pesaron 4.1 ± 0.22 kg se utilizaron para determinar la digestibilidad fecal aparente de la materia seca, proteína bruta, almidón, fibra neutro detergente y energía bruta. Además, se determinó la digestibilidad fecal en un total de 28 conejas multíparas (4.5 ± 0.35 kg) entre los días 18 y 23 de lactación (7/tratamiento). En este ensayo se recogieron las heces producidas por cada coneja durante 4 días consecutivos. El consumo de alimento y agua *ad libitum* se registró durante el periodo

de prueba. Las heces obtenidas se almacenaron a -20 °C y al término del ensayo se secaron a 80 °C durante 48 horas para su posterior molienda mediante cribas de 1 mm y 0,5 mm.

3.5 Análisis químico

Se utilizaron procedimientos de la AOAC (2000) para determinar las concentraciones de materia seca (934.01), cenizas (942.05), nitrógeno (954,01), extracto etéreo (920.39), almidón (método 996.11 amiloglucosidasa- α -amilasa) y la fibra dietética total (985.29). La fibra neutro detergente, se determinaron secuencialmente usando el sistema de bolsas (Ankom Technology, Nueva York). La fibra soluble se calculó como la diferencia entre la fibra dietética total y FND (tanto corregido para cenizas y proteína). La energía bruta se determinó con un calorímetro de bomba adiabática (modelo 356, Parr Instrument Company, Moline, IL, EE.UU.). Se determinaron los inhibidores de tripsina de acuerdo con el método de la AOCS (1998).

3.6 Análisis estadístico

Los datos de las medidas de la composición corporal se han analizado como un diseño factorial de medidas repetidas a lo largo de tres partos por el procedimiento MIXED de SAS (SAS Inst., Cary, NC), incluyendo en el modelo el nivel de fibra soluble, la fuente de almidón, el número de parto, sus interacciones, e incluyendo las conejas como un efecto aleatorio.

Se consideró que las medidas a lo largo del tiempo en los mismos animales tuvieron la misma varianza y que todas las medidas en el mismo animal tuvieron la misma correlación. Los datos se presentan como medias corregidas por mínimos cuadrados. Los datos de las conejas muertas (en parto o eliminadas), se analizaron mediante una regresión logística GENMOD de SAS, considerando una distribución binomial, incluyendo los mismos factores fijos que en el modelo anterior.

Los datos de la digestibilidad fecal se analizaron como un diseño completamente al azar con los niveles de fibra soluble, fuente de almidón y su interacción como las principales fuentes de variación mediante el procedimiento de MIXED de SAS. Para el caso de las interacciones significativas ($P < 0,05$) se utilizó la prueba de Tukey para separar las medias de los tratamientos.

Capítulo 4: Resultados

La proporción total de bajas durante el experimento casi se duplicó en los grupos que consumieron los piensos con guisante respecto a los de trigo (29,7 vs. 15,3%, $P=0,032$; Tabla 2). Las mayores pérdidas se registraron en el segundo parto de las conejas ($P=0,033$). Las bajas en torno al parto tendieron a reducirse cuando el trigo se complementó con fibra soluble y cuando el guisante se combinó con el menor nivel de fibra soluble ($P=0,085$). La proporción de conejas eliminadas tendió a ser superior en los grupos alimentados con guisante ($P=0,085$), y se debió mayoritariamente a una mayor incidencia de mamitis. El aumento de fibra soluble tendió a aumentar otras causas de bajas como las muertes inesperadas de las conejas dentro de la jaula ($P=0,059$). No hubo interacciones de la fibra soluble con el tipo de almidón en estas variables.

En conejas primíparas, no se observó efecto de los tratamientos sobre la ingestión de MS. La digestibilidad fecal de la materia seca y la energía digestible se redujo en los grupos alimentados con guisante un 3,8% ($P \leq 0,007$; Tabla 3), con respecto a los grupos alimentados con los piensos suplementados con trigo, sin observarse influencia del nivel de fibra soluble. La digestibilidad fecal de la proteína también se redujo un 4,4% al incluir guisante en lugar de trigo ($P=0,002$), lo que redujo el contenido en proteína digestible del pienso ($P=0,011$), y también se redujo al aumentar el nivel de la fibra soluble (un 3,7%; $P=0,010$). Estos cambios modificaron el contenido en energía digestible del pienso, que se redujo al incluir guisante ($P < 0,001$), así como al combinar trigo con un incremento de la fibra soluble y guisante con el nivel más bajo de fibra soluble, lo que dio lugar a una interacción fibra soluble \times tipo de almidón ($P=0,044$). Esto implicó que la relación proteína/energía digestible aumentó al combinar guisante con baja fibra soluble ($P=0,056$). Por otra parte, el incremento del nivel de fibra soluble mejoró la digestibilidad de todas las fracciones fibrosas ($P \leq 0,013$), mientras que la sustitución del trigo por guisante empeoró la digestibilidad de la FND y mejoró la de la fibra soluble ($P \leq 0,020$). La digestibilidad fecal del almidón empeoró un 1,5% al sustituir el trigo por el guisante ($P \leq 0,046$), en especial cuando el guisante se combinó con un mayor nivel de fibra soluble, lo que dio lugar a una interacción fibra soluble \times tipo de almidón ($P=0,044$).

Tabla 2. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la proporción de bajas de las conejas reproductoras.

	Piensos ¹				Nº parto			P-valor			
	BFS-T	AFS-TP	BFS-G	AFS-GP	1	2	3	FS	Almidón	FS×Almidón	Parto
N	43	42	42	42	169	162	144				
Total bajas, %	13,9	16,7	21,4	38,1	4,1 ^a	11,7 ^b	8,3 ^{ab}	0,19	0,032	0,44	0,033
Parto, % ²	7,0	2,38	4,76	14,3	0,6	3,7	3,5	0,96	0,28	0,085	0,083
Eliminadas, % ³	4,65	4,76	11,9	11,9	0,0 ^a	4,9 ^b	4,2 ^b	0,98	0,085	0,98	0,002
Otros, % ⁴	2,32	9,52	4,76	11,9	3,6	3,1	0,7	0,059	0,48	0,73	0,16

¹BFS-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón. ^{a-c} Numero de parto con valores con diferente letra son significativamente diferentes, $P < 0.05$. ² bajas asociadas a problemas en torno al parto. ³bajas asociadas a problemas sanitarios y reproductivos. ⁴ bajas asociadas con accidentes y muerte inesperada dentro de la jaula.

Tabla 3. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la digestibilidad fecal aparente en conejas reproductoras nulíparas de 140 días de edad.

N	Piensos ¹				EEM		P-valor		
	BFS-T	AFS-TP	BFS-G	AFS-GP	FS y ALM	FS × ALM	FS	ALM	FS × ALM
Peso inicial	4128	4243	4177	4171	49,2	69,6	0,43	0,86	0,39
Consumo, g MS/d ²	208	216	213	211	5,92	8,38	0,44	0,62	0,31
Digestibilidad fecal aparente, %									
Materia seca	59,5	60,4	57,4	57,7	0,54	0,76	0,42	0,003	0,72
Energía bruta	61,8	61,4	58,9	59,7	0,56	0,80	0,77	0,007	0,47
Proteína bruta	69,7	66,4	65,9	64,2	0,67	0,96	0,010	0,002	0,44
Fibra dietética total ³	32,2	41,4	31,8	40,0	0,55	0,78	< 0,001	0,25	0,47
Fibra neutro detergente	30,4	37,6	27,4	29,5	1,17	1,65	0,010	0,002	0,12
Fibra soluble ³	49,6	59,0	58,3	68,5	2,66	3,77	0,013	0,020	0,91
Almidón	99,5	99,5	99,1	97,0	0,36	0,52	0,046	0,006	0,044
Energía digestible, MJ/kg MS ³	11,6	11,5	11,0	11,2	0,067	0,09	0,46	<0,001	0,044
Proteína digestible, % MS	13,8	13,5	13,3	13,1	0,14	0,19	0,17	0,011	0,86
Ratio [proteína/energía] digestible, g/MJ	11,7	11,7	12,0	11,6	0,078	0,11	0,043	0,56	0,056

¹BFS-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón. ²MS: materia seca. ³Fibra dietética total y fibra soluble no corregidas por mucinas.

En la digestibilidad fecal de las conejas en el periodo de lactación (Tabla 4) se utilizó un menor número de conejas y se obtuvo una mayor desviación estándar, por lo que el error estándar fue mayor, lo que evitó obtener efectos significativos para diferencias parecidas a las observadas con conejas nulíparas. Así, en conejas lactantes no se observó efecto de los tratamientos sobre la ingestión de MS (que fue un 74% superior al de las conejas primíparas), y digestibilidad de la materia seca y energía, aunque numéricamente los valores fueron similares a los de las primíparas. La digestibilidad de la proteína tendió a reducirse al incluir guisante en lugar de trigo, así como al aumentar el nivel de la fibra soluble ($P \leq 0,10$) al igual que lo observado en las conejas primíparas. Los tratamientos no modificaron el contenido en energía digestible de los piensos, y sólo la inclusión de guisante redujo el contenido en proteína digestible de los mismos ($P=0,050$), lo que no modificó la relación proteína/energía digestible. Por otra parte, el incremento del nivel de fibra soluble mejoró la digestibilidad de todas las fracciones fibrosas menos la fibra soluble ($P \leq 0,031$), mientras que la sustitución del trigo por guisante empeoró la digestibilidad de la FND y mejoró la de la fibra soluble ($P \leq 0,082$). La digestibilidad fecal del almidón empeoró un 1% al sustituir el trigo por el guisante ($P \leq 0,001$), así como al aumentar el nivel de fibra soluble ($P=0,039$).

El consumo de pienso en el periodo del destete al parto aumentó un 13% al sustituir el trigo (más la harina de colza) por el guisante ($P=0,004$. Tabla 5), lo que aumentó el consumo de energía y proteína digestible en este periodo ($P \leq 0,072$). El incremento de fibra soluble redujo el consumo de pienso durante la lactación un 4,8% ($P=0,013$), lo que repercutió negativamente en el consumo de energía y proteína digestibles ($P \leq 0,006$). No se observaron interacciones relevantes entre los niveles de fibra soluble y los distintos tipos de almidón.

Tabla 4. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la digestibilidad fecal aparente en conejas reproductoras multíparas (18-22 días de lactación).

N	Piensos ¹				EEM		P-valor		
	BFS-T 7	AFS-TP 7	BFS-G 7	AFS-GP 7	FS & ALM	FS × ALM	FS	ALM	FS × ALM
Peso inicial	4483	4572	4460	4433	88,3	124,9	0,80	0,52	0,64
Consumo, g MS/d ²	375	360	361	365	13,3	18,7	0,76	0,81	0,62
Digestibilidad fecal aparente, %									
Materia seca	60,9	61,6	59,5	60,2	0,96	1,36	0,61	0,30	0,98
Energía bruta	60,6	60,4	58,6	59,3	1,03	1,45	0,90	0,33	0,89
Proteína bruta	71,1	67,9	67,8	66,5	0,93	1,32	0,10	0,091	0,49
Fibra dietética total ³	33,5	40,9	33,1	40,4	1,61	2,28	0,003	0,83	0,98
Fibra neutro detergente	29,4	36,5	24,5	29,0	1,76	2,49	0,031	0,021	0,62
Fibra soluble ³	56,9	62,0	66,2	71,8	3,81	5,39	0,35	0,082	0,92
Almidón	99,2	99,1	98,6	97,8	0,16	0,22	0,039	< 0,001	0,13
Energía digestible, MJ/kg MS ³	11,6	11,5	11,2	11,3	0,19	0,28	0,87	0,28	0,78
Proteína digestible, % MS	14,2	14,2	13,8	13,5	0,19	0,27	0,61	0,050	0,55
Ratio [proteína/energía] digestible, g/MJ	12,3	12,1	12,3	12,0	0,12	0,17	0,70	0,30	0,21

¹BFS-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón. ²MS: materia seca. ³Fibra dietética total y fibra soluble no corregidas por mucinas.

Tabla 5. Efecto del nivel de fibra soluble, tipo de almidón y número de parto sobre energía digestible y proteína digestible ingerida en conejas reproductoras.

N	Piensos ¹				Nº parto			EEM				P-valor						
	BFS-T	AFS-TP	BFS-G	AFS-GP	1	2	3	FS y Almidón	FS x Almidón	Parto	FS × Almidón × Parto	FS	Almidón	FS× Almidón	Parto	FS ×Parto	Almidón ×Parto	FS× Almidón ×Parto
	37	35	33	26	131	131	72											
Consumo, g/d																		
Parto-IA	375	356	371	368	331	403	--	5,61	7,93	5,01	9,99	0,15	0,61	0,32	<0,001	0,57	0,97	0,84
Lactación	407	378	404	394	365	427	--	5,36	7,57	4,75	9,48	0,013	0,41	0,17	<0,001	0,29	0,95	0,68
Destete-Parto	269	278	302	315	261	322	--	7,95	11,22	6,76	13,48	0,21	0,004	0,68	<0,001	0,33	0,14	0,56
Parto-Parto	342	332	356	358	315	379	--	6,28	8,87	5,06	10,11	0,56	0,015	0,39	<0,001	0,11	0,13	0,55
Consumo ED, MJ/d²																		
Parto-IA	3,94	3,70	3,79	3,75	3,42	4,17	--	0,058	0,082	0,052	0,10	0,09	0,56	0,23	<0,001	0,57	0,85	0,79
Lactación	4,28	3,93	4,12	4,03	3,77	4,41	--	0,055	0,078	0,049	0,10	0,006	0,66	0,10	<0,001	0,28	0,84	0,64
Destete-Parto	2,82	2,93	3,00	3,16	2,66	3,30	--	0,078	0,110	0,066	0,13	0,22	0,072	0,80	<0,001	0,53	0,35	0,51
Parto-Parto	3,60	3,45	3,63	3,65	3,25	3,91	--	0,065	0,071	0,058	0,095	0,43	0,17	0,28	<0,001	0,11	0,18	0,52
Consumo PBd, g/d³																		
Parto-IA	48,4	45,9	46,4	45,3	41,9	51,0	--	0,71	1,01	0,64	1,72	0,070	0,20	0,53	<0,001	0,55	0,77	0,85
Lactación	52,6	48,8	50,5	48,5	46,2	54,0	--	0,68	0,96	0,60	1,20	0,004	0,22	0,32	<0,001	0,27	0,79	0,69
Destete-Parto	32,7	31,4	34,5	34,7	29,9	36,9	--	1,08	1,53	0,87	1,73	0,65	0,045	0,52	<0,001	0,40	0,32	0,64
Parto-Parto	44,2	42,8	44,4	44,0	39,9	47,9	--	0,71	1,00	0,58	1,17	0,34	0,47	0,61	<0,001	0,10	0,21	0,57

¹BFS-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón. ²ED: Energía digestible. ³PBd: Proteína bruta digestible.

Los niveles de fibra soluble y el tipo de almidón no afectaron al número total de nacidos por camada (11,6 gazapos/camada de media; $P \geq 0,24$. Tabla 6), y a los nacidos vivos (11,2 gazapos/camada de media; $P \geq 0,31$), observándose una tendencia a reducirse el número de nacidos muertos cuando el trigo se combinó con baja fibra soluble y el guisante con alta fibra soluble ($P=0,078$). Una vez homogeneizadas las camadas, se observó una interacción fibra soluble \times tipo de almidón ($P=0,015$) en el número inicial de gazapos por camada al aumentar este valor en los grupos de trigo-alta fibra soluble y guisante-baja fibra soluble. Sin embargo, el menor número de gazapos al destete se observó en estos grupos ($P=0,040$). No se observaron diferencias significativas de la mortalidad al nacimiento y durante la lactación de los gazapos en estas conejas.

El peso de la camada en el parto mostró diferencias según el tipo de almidón ($P=0,032$), siendo un 7% mayor en las conejas de grupos alimentados con guisante respecto a los que recibieron trigo, si bien no se observó efecto de los tratamientos sobre el peso medio de los gazapos al nacimiento (56,4 g). No hubo efecto de los tratamientos sobre el peso de la camada al destete, pero el peso medio de los gazapos a los 20 y 25 d de edad se redujo un 6,5% al eliminar el trigo por el guisante y por tanto su velocidad de crecimiento durante la lactación ($P \leq 0,014$), posiblemente a la menor ingestión de leche por gazapo (un 5,9%; $P=0,003$). Estos resultados supusieron que la eficiencia alimenticia empeoró un 8% al sustituir el trigo por el guisante ($P=0,021$).

En el segundo y tercer parto, las conejas obtuvieron 2,4 gazapos nacidos totales más que en el primer parto ($P < 0,001$), por lo cual, se registró un incremento del número de gazapos nacidos vivos por camada en 2,2 gazapos ($P < 0,001$). No se observaron diferencias de gazapos nacidos muertos por camada. Debido al mayor tamaño de las camadas, su peso aumentó un 22% en el segundo parto con respecto al primero ($P < 0,001$). El resto de las variables (tamaño de los gazapos, consumo de leche por gazapo, eficiencia alimenticia) también mejoraron al aumentar el número de parto ($P < 0,001$).

Tabla 6. Efecto del nivel de fibra soluble, tipo de almidón y número de parto sobre los rendimientos productivos de conejas.

N	Pensos ¹				Nº parto			EEM			P-valor			
	BFS-T	AFS-TP	BFS-G	AFS-GP	1	2	3	FS y Almidón	FS x Almidón	Parto	FS	Almidón	FS x Almidón	Parto
	37	35	33	26	131	131	72							
Numero de gazapos/camada														
Total nacidos	11,4	11,6	12,2	11,4	10,1 ^a	12,4 ^b	12,5 ^b	0,29	0,42	0,30	0,47	0,44	0,24	<0,001
Nacidos muertos	0,40	0,71	0,53	0,36	0,35	0,62	0,55	0,09	0,13	0,12	0,61	0,41	0,078	0,17
Nacidos vivos	11,1	10,9	11,7	11,0	9,8 ^a	11,8 ^b	12,0 ^b	0,30	0,43	0,32	0,31	0,38	0,61	<0,001
Numero inicial	10,7	11,3	11,3	11,0	9,8 ^a	11,3 ^b	12,1 ^b	0,13	0,18	0,14	0,44	0,46	0,015	<0,001
20 d lactación	9,78	9,60	9,81	10,42	9,32 ^a	10,49 ^b	--	0,14	0,19	0,13	0,27	0,031	0,040	<0,001
25 d (destete)	9,73	9,47	9,78	10,34	9,32 ^a	10,34 ^b	--	0,14	0,20	0,14	0,44	0,020	0,040	<0,001
Mortalidad al nacimiento, %	4,06	6,31	5,63	4,60	3,9	5,1	6,4	1,12	1,59	1,39	0,70	0,96	0,30	0,48
Mortalidad durante lactación, %	6,10	8,12	5,79	6,40	5,26 ^a	7,94 ^b	--	0,94	1,33	0,94	0,32	0,45	0,60	0,050
Peso de la camada, kg														
Nacimiento	0,620	0,613	0,657	0,663	0,512 ^a	0,678 ^b	0,725 ^b	0,014	0,020	0,014	0,96	0,032	0,70	<0,001
20 d	3,089	2,963	2,950	3,024	2,704 ^a	3,310 ^b	--	0,046	0,065	0,038	0,69	0,54	0,12	<0,001
25 d (destete)	3,926	3,778	3,744	3,802	3,431 ^a	4,194 ^b	--	0,060	0,085	0,052	0,60	0,35	0,23	<0,001
Peso medio del gazapo, g														
Nacimiento	56,2	56,8	54,9	57,7	51,5 ^a	58,3 ^b	59,3 ^b	1,13	1,60	1,14	0,28	0,91	0,49	<0,001
20 d	314	310	301	290	292 ^a	315 ^b	--	4,73	6,68	3,92	0,29	0,014	0,55	<0,001
25 d (destete)	401	401	383	367	370 ^a	405 ^b	--	5,97	8,43	4,95	0,36	0,003	0,37	<0,001
GMD ² del gazapo 0-25, g/d	13,6	13,5	12,8	12,3	12,6 ^a	13,6 ^b	--	0,23	0,33	0,19	0,27	0,001	0,23	<0,001
Producción de leche, kg³	5,82	5,54	5,62	5,68	5,11 ^a	6,21 ^b	--	0,086	0,12	0,075	0,49	0,94	0,089	<0,001
Leche/gazapo 25 d, g	23,9	23,9	22,9	22,1	22,2 ^a	24,2 ^b	--	0,33	0,47	0,29	0,40	0,003	0,32	<0,001
Eficiencia alimenticia, g/g⁴	0,245	0,251	0,227	0,228	0,225 ^a	0,251 ^b	--	0,006	0,009	0,005	0,68	0,021	0,78	<0,001

¹BFS-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón. No diferencias significativas en interacciones FS x Almidón x Parto, Almidón x Parto ($P \geq 0,15$). ²GMD: Ganancia media diaria. ³Calculado considerando el peso de la camada a los 20 días y el número de parto de acuerdo a los datos de Farías et al. (2017). ⁴Calculado considerando el peso de la camada a los 25 días con el consumo total de alimento entre partos, ^{a-c}Numero de parto con valores con diferente letra son significativamente diferentes, $P < 0,05$. No hubo efectos significativos para las interacciones FS x Parto, Almidón x Parto, FS x Almidón x Parto, ($P \geq 0,15$).

Los niveles de fibra soluble y el tipo de almidón no modificaron la composición química de ninguno de los estados fisiológicos de las conejas durante el ensayo (Tabla 7), si bien las conejas mostraron grandes diferencias asociadas al número de parto ($P<0,001$). La evolución de la composición química de las conejas se puede apreciar mejor en la Figura 1.

El periodo entre los 28 d de gestación y el parto fue de media de 2,75 d y tendió a reducirse en las conejas alimentadas con guisante ($P=0,055$. Tabla 8), y se alargó 0,45 d entre el primer y los dos partos siguientes ($P<0,001$). En este periodo, no se observaron diferencias debidas a los tratamientos ni en el consumo de pienso, de energía digestible ni en la movilización de grasa por parte de las conejas. El consumo de pienso y de energía digestible fue un 38% mayor en el primer parto que en el segundo ($P<0,05$). La pérdida de grasa total de la coneja en este periodo fue un 68% más en el segundo parto y un 37% en el tercero en comparación con el parto inicial de las conejas ($P<0,001$). La movilización de grasa exportada en forma de gazapos nacidos y placenta fue mayor en un 21% en el segundo y tercer parto ($P<0,001$). No se observaron interacciones significativas entre los tratamientos y el número de parto.

Tabla 7. Efecto del nivel de fibra soluble, tipo de almidón y número de parto sobre la composición química corporal de conejas nulíparas hasta el tercer parto.

	Pensos ¹				Nº parto			EEM			P-valor					
	BFS-T	AFS-TP	BFS-G	AFS-GP	1	2	3	FS y ALM	FS x ALM	Parto	Cov1 ²	Cov2 ³	FS	Almidón	FS x ALM	Parto
N	37	35	33	26	131	131	72									
Pre-parto (28 d gestación)																
Humedad, %	62,5	63,2	62,2	62,5	62,3 ^a	62,1 ^a	63,5 ^b	0,243	0,344	0,253	0,0001	0,034	0,20	0,17	0,62	0,0002
Proteína, %	17,7	17,7	17,7	17,7	17,8 ^b	17,7 ^{ab}	17,6 ^a	0,025	0,036	0,026	<0,001	0,209	0,79	0,14	0,83	<0,001
Grasa, %	13,7	13,1	14,0	13,7	13,9 ^b	14,2 ^{ab}	12,8 ^a	0,247	0,351	0,253	0,0002	0,044	0,22	0,23	0,62	0,0007
Cenizas, %	3,12	3,14	3,12	3,13	3,12 ^a	3,11 ^a	3,15 ^b	0,011	0,016	0,010	0,002	0,080	0,30	0,67	0,85	0,0015
Energía, kJ/100 g PV ³	1046	1021	1058	1047	1059 ^b	1067 ^b	1004 ^a	10,33	14,65	10,77	<0,001	0,018	0,23	0,19	0,66	0,0001
Parto																
Humedad, %	62,6	62,5	62,9	62,5	61,6 ^a	62,8 ^b	63,6 ^{ab}	0,240	0,340	0,260	0,35	<0,001	0,51	0,54	0,60	<0,001
Proteína, %	18,1	18,1	18,2	18,1	18,1 ^a	18,1 ^a	18,2 ^b	0,024	0,035	0,027	0,0001	0,46	0,81	0,64	0,30	0,0067
Grasa, %	13,0	12,9	12,5	13,0	13,9	12,7	11,9	0,246	0,349	0,260	0,38	<0,001	0,58	0,55	0,52	<0,001
Cenizas, %	3,22	3,22	3,22	3,21	3,17 ^a	3,23 ^a	3,25 ^b	0,011	0,016	0,010	0,20	0,01	0,83	0,94	0,67	<0,001
Energía, kJ/100 g PV	1030	1034	1012	1030	1072 ^b	1022 ^a	985 ^a	10,27	14,56	11,21	0,05	<0,001	0,45	0,46	0,64	<0,001
Inseminación artificial (11 d)																
Humedad, %	60,2	60,7	60,8	60,9	60,7 ^{ab}	59,4 ^a	61,9 ^b	0,186	0,263	0,215	0,12	<0,001	0,22	0,12	0,43	<0,001
Proteína, %	18,1	18,2	18,2	18,2	18,3 ^b	18,2 ^b	18,0 ^a	0,027	0,038	0,034	0,001	<0,001	0,78	0,43	0,48	<0,001
Grasa, %	15,0	14,5	14,4	14,3	14,2 ^{ab}	15,8 ^b	13,7 ^a	0,174	0,247	0,204	0,02	<0,001	0,22	0,10	0,38	<0,001
Cenizas, %	3,22	3,22	3,23	3,22	3,18	3,24	3,25	0,006	0,009	0,007	0,001	<0,001	0,26	0,12	0,35	<0,001
Energía, kJ/100 g PV	1120	1098	1095	1090	1082 ^b	1166 ^a	1055 ^a	7,40	10,49	8,48	0,09	<0,001	0,20	0,11	0,41	<0,001
Destete (25 d)																
Humedad, %	64,3	65,3	65,1	66,2	66,1 ^b	64,4 ^a	.	0,395	0,560	0,368	0,0057	0,066	0,31	0,17	0,94	0,0008
Proteína, %	17,9	18,1	18,0	18,1	18,1 ^b	18,0 ^a	.	0,026	0,037	0,023	<0,001	0,0091	0,84	0,32	0,60	<0,001
Grasa, %	12,1	11,0	11,3	10,3	10,3 ^b	12,0 ^a	.	0,365	0,517	0,337	0,001	0,041	0,31	0,17	1,00	0,0003
Cenizas, %	3,10	3,15	3,12	3,26	3,14	3,12	.	0,011	0,016	0,010	<0,001	0,0037	0,29	0,44	0,72	0,070
Energía, kJ/100 g PV	972	926	941	895	897 ^a	970 ^b	.	16,43	23,29	15,34	0,003	0,051	0,31	0,19	0,98	0,0005

¹BFS-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón. ²Cov1: Peso Inicial. ³Cov2: Proporción inicial de humedad, proteína, grasa, cenizas, energía, kJ/100 g PV. ³PV: Peso vivo. ^{a-c} Numero de parto con valores con diferente letra son significativamente diferentes, P<0,05. No hubo efectos significativos para las interacciones FS x Parto, Almidón x Parto, FS x Almidón x Parto, (P ≥ 0.15)

Tabla 8. Efecto del nivel de fibra soluble, tipo de almidón y número de parto sobre el consumo, energía digestible y movilización de grasa en el periodo preparto: 28 días de gestación al parto.

	Piensos ¹				Nº parto			EEM				P-valor			
	BFS-T	AF-TP	BFS-G	AFSG-P	1	2	3	FS y Alm	FS x Alm	Parto	FS × Alm × Parto	FS	Alm	FS× Alm	Parto
<i>N</i>	32	27	28	23	110	110	69								
Consumo, g/d	81,4	68,6	83,4	83,5	94,8 ^a	68,7 ^b	74,0 ^{ab}	6,04	8,53	6,77	13,45	0,46	0,32	0,45	0,006
ED consumo, kJ/d²	854	706	842	851	974 ^a	705 ^b	761 ^{ab}	62,0	87,6	69,7	138,6	0,43	0,45	0,37	0,006
Movilización grasa, g															
Días preparto-parto	2,76	2,88	2,62	2,67	2,43 ^b	2,86 ^a	2,91 ^a	0,062	0,088	0,063	0,12	0,32	0,055	0,70	<0,001
Pérdida de grasa total de la coneja ³	-123	-123	-157	-120	-96,8 ^b	-163 ^a	-133 ^{ab}	8,83	12,48	10,03	19,97	0,13	0,20	0,13	<0,001
Movilización de grasa de la coneja ⁴	-107	-106	-140	-104	-82,3 ^b	-145 ^a	-115 ^a	8,71	12,31	9,92	19,80	0,13	0,20	0,14	<0,001
Grasa exportada en forma de gazapos nacidos y placenta ⁵	-16,0	-16,9	-17,0	-16,2	-14,5 ^b	-17,5 ^a	-17,6 ^a	0,40	0,57	0,43	0,86	0,99	0,76	0,14	<0,001

¹BFS-T: Bajo nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. AFS-TP: alto nivel de fibra soluble, trigo como fuente de almidón. BFS-G: Bajo nivel de fibra soluble, guisante como tipo almidón. AFS-GP: Alto nivel de fibra soluble, guisante como fuente de almidón. ²Energía digestible, kilojulios por día ^{a,b}. Medias con diferente superíndice son diferentes $P \leq 0.05$. ³Diferencia de grasa preparto menos grasa en el parto. ⁴Diferencia de grasa total de la coneja en el parto menos la grasa de la camada y placenta. ⁵ Calculado del número total de gazapos nacidos considerando su peso fetal y placenta de acuerdo con Fortun-Lamothe et al. (1994). No hubo efectos significativos para las interacciones FS x Parto, Almidón x Parto, FS x Almidón x Parto, ($P \geq 0.15$).

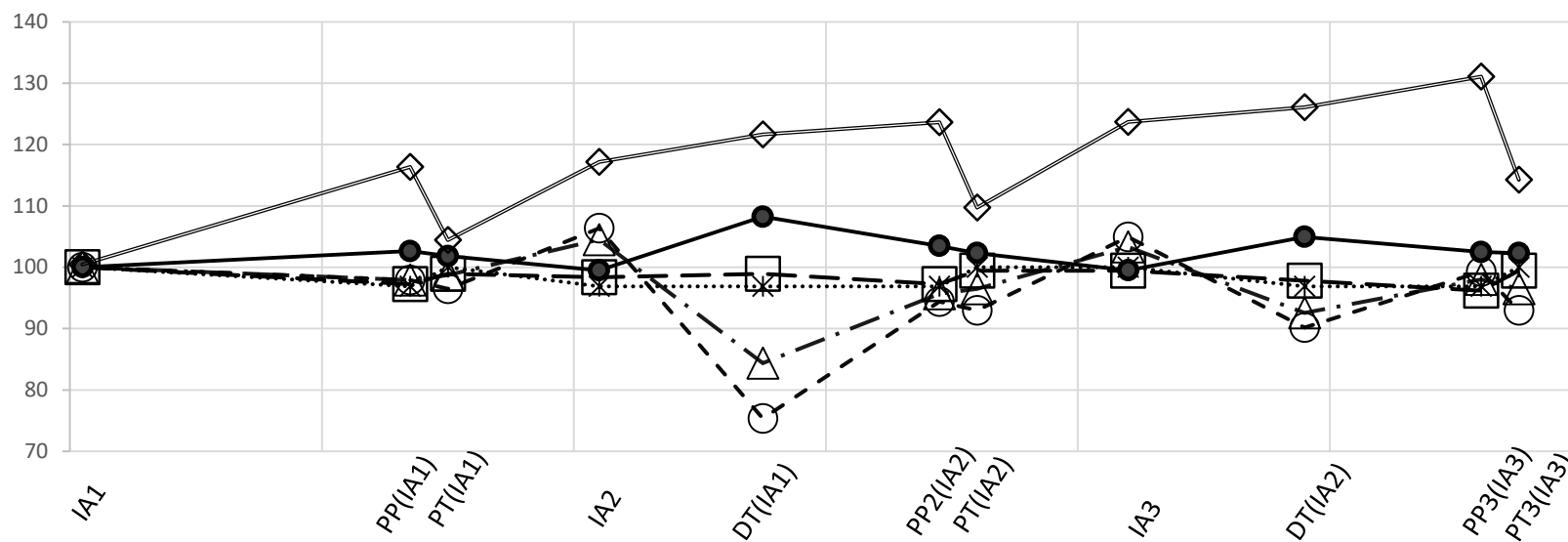


Figura 1. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la evolución de la composición corporal, energía y peso vivo de conejas reproductoras hasta el tercer parto (todas las conejas tuvieron al menos 2 partos).

Simbología: humedad ●, proteína □, grasa ○, cenizas *, energía Δ, y peso vivo ◇. A través del tiempo: inseminación artificial –IA–, preparto –PP–, parto –PT– y destete –DT. Número total de conejas reproductoras (n= 131). El valor obtenido en la primera inseminación artificial (IA1) fue considerado con un valor de 100 ($3,5 \pm 0,2$ kg, $60,7 \pm 0,1$ humedad, $18,3 \pm 0,03$ de proteína, $14,2 \pm 0,2$ de grasa, $3,2 \pm 0,1$ de cenizas y $1,08 \pm 0,07$ MJ de energía bruta) valores posteriores fueron expresados en porcentaje (N = 131; $P_{\text{Tiempo}} < 0,001$).

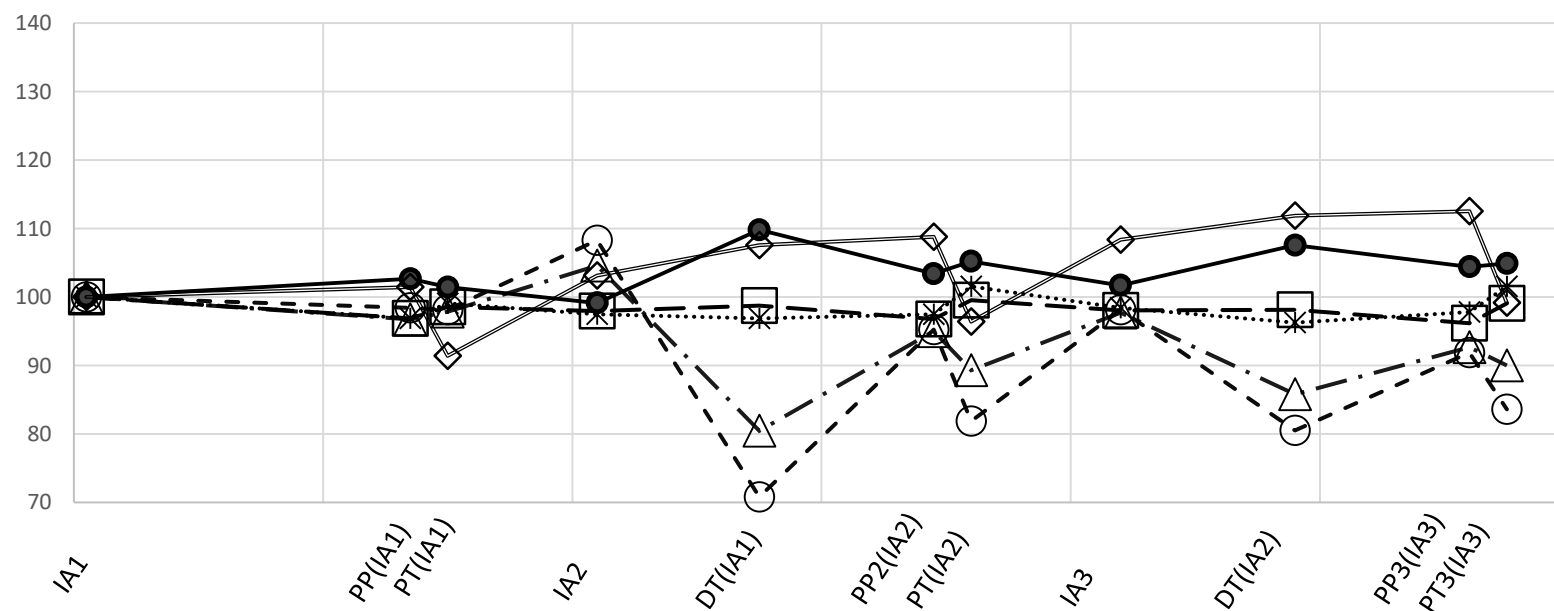


Figura 2. Efecto del nivel de fibra soluble y del tipo de almidón sobre la evolución de la composición corporal, energía y peso vivo de conejas que tuvieron tres partos consecutivos.

Simbología: humedad ●, proteína □, grasa ○, cenizas *, energía Δ, y peso vivo ◇. A través del tiempo: inseminación artificial –IA–, parto –PP–, parto –PT– y destete –DT. Número total de conejas reproductoras (n= 72). El valor obtenido en la primera inseminación artificial (IA1) fue considerado con un valor de 100 ($3,4 \pm 0,2$ kg, $60,7 \pm 0,1$ humedad, $18,3 \pm 0,02$ de proteína, $14,1 \pm 0,1$ de grasa, $3,2 \pm 0,08$ de cenizas y $1,08 \pm 0,07$ MJ de energía bruta) valores posteriores fueron expresados en porcentaje (N = 72; $P_{\text{Tiempo}} < 0,001$).

Capítulo 5: Discusión

La tasa de reposición de las conejas reproductoras es relativamente elevada, resultando el periodo más crítico del ciclo productivo los tres días previos al parto y las horas posteriores al mismo (Rosell y de la Fuente, 2016). De acuerdo con estos autores, en este periodo las causas más importantes de muerte son la neumonía, la torsión uterina y la metritis, representando el 50% del riesgo de muerte. Otras dos causas también relevantes son la cetosis y los trastornos digestivos, que supondrían el 20% del riesgo de muerte, y que son las que podrían estar más vinculadas con el pienso suministrado. En relación con la cetosis, hay que tener en cuenta que en el último tercio de gestación la coneja reduce su nivel de ingestión en torno al 50%, acentuándose en los días previos al parto (Lebas et al., 1975; Oger et al., 1978; Jean-Blain y Durix, 1985), lo que combinado con el elevado tamaño de camada al nacimiento de las conejas híbridas actuales hace que la cetosis sea un problema muy a tener en cuenta.

Recientemente, se ha observado que el incremento del nivel de fibra soluble en piensos de conejas reproductoras parece que puede reducir su tasa de eliminación (Delgado et al., 2018). En este trabajo las principales causas de mortalidad fueron los abortos, los trastornos digestivos y otras causas no identificadas en torno al parto. En principio, el efecto positivo de la fibra soluble podría estar vinculado con los cambios que se observan en la microbiota intestinal al aumentar el nivel de fibra soluble (Gómez-Conde et al., 2007, 2009; Delgado et al., 2015), o con un posible efecto positivo sobre la incidencia de cetosis los días previos al parto que pudiera estar vinculado con un mayor tiempo de fermentación.

En este contexto la utilización de fuentes de almidón que se digieran más lentamente, como el guisante, podrían ayudar a limitar este problema al asegurar un aporte de nutrientes durante más tiempo, especialmente en periodos como el parto, aunque también podrían reducir la cantidad de almidón digerido en el intestino delgado e incrementar la proporción de almidón fermentado en el intestino grueso (Gidenne y Perez, 1993; Gutiérrez et al., 2002; Wiseman, 2006; Fohse et al., 2015).

En este trabajo no se observó un efecto positivo del aumento de la fibra soluble sobre el número de conejas que causaron baja, aunque las bajas por otras causas (repentinas sin causa aparente y accidentales) tendieron a aumentar. Tampoco se obtuvo un efecto positivo de la inclusión del guisante, de hecho, aumentó el número total de bajas, debido especialmente a

la mayor tasa de eliminación, causadas en gran parte por la incidencia de mamitis, para lo que no tenemos una explicación razonable. Es importante reseñar que en trabajos previos (Delgado et al., 2017 y 2018) la incidencia de mamitis fue mínima. La mayor incidencia en este trabajo concuerda con la misma tendencia observada a nivel de campo en los últimos meses (Antonio Delgado, comunicación personal). Esta mayor incidencia de mamitis en este trabajo podría haber condicionado el estatus inmunológico general de las conejas. Finalmente, y de manera interesante, la mortalidad en torno al parto tendió a reducirse en el grupo alimentado con trigo y alta fibra soluble, lo que iría en la línea de lo observado por Delgado et al., (2018), así como en el grupo alimentado con guisante y el menor nivel de fibra soluble. Sin embargo, estos resultados no estuvieron vinculados con el consumo preparto o destete-parto de pienso/energía/proteína, la prolificidad o la condición corporal de las conejas por lo que deberán ser interpretados con mucha cautela.

En los grupos de conejas alimentados con guisante en el periodo destete-parto se observó un aumento de la ingestión de pienso/energía/proteína, efecto proporcionalmente mayor al descenso obtenido en la digestibilidad de la energía, a lo que podría también contribuir una menor absorción de glucosa en favor de ácidos grasos volátiles al fermentar una parte del almidón de guisante en el ciego, como podría esperarse de los resultados obtenidos de su digestibilidad. Sin embargo, este efecto sobre el consumo no se detectó los días previos al parto y tampoco repercutió en la movilización de grasa de la coneja antes del parto. Este aumento de la ingestión desde el destete al parto estuvo asociado con un mayor peso de la camada al nacimiento, que en el caso del grupo alimentado con el pienso guisante-baja fibra soluble sería atribuible a un mayor número de gazapos nacidos vivos, mientras que en caso del grupo guisante-alta fibra soluble se explicaría por un mayor peso medio de los gazapos al nacimiento, aunque estas dos variables no fueron afectadas por los tratamientos.

Para el número de gazapos destetados se observó una interacción fibra soluble \times tipo de almidón debido al elevado valor obtenido para el grupo guisante-alta fibra soluble. Este resultado podría estar vinculado a que en este grupo fue donde hubo mayor número de bajas de conejas, por lo que es posible que finalizasen el experimento mayoritariamente las mejores conejas. Pese a este efecto en el número de gazapos destetados, el peso de la camada al destete no estuvo afectada por los tratamientos, debido al menor peso medio de los gazapos de los grupos de guisante, muy posiblemente por su menor ingestión de leche. La combinación del

consumo con el peso de la camada al destete derivó en una reducción de la eficiencia alimenticia al retirar el trigo e introducir guisante.

Los tratamientos tampoco modificaron la condición corporal de las conejas. En general, parece que el tipo de pienso, siempre que cumpla con las recomendaciones nutricionales, como en el presente caso, no modifica la condición corporal de las conejas a medio-largo plazo (Theilgaard et al., 2006; Romero et al., 2011; Delgado et al., 2017 y 2018).

En este experimento también observamos una reducción de la digestibilidad de la digestibilidad de la proteína con la inclusión del guisante, lo que podría estar vinculado al mayor contenido de inhibidores de tripsina. La reducción de la digestibilidad de la proteína podría estar condicionando la menor digestibilidad del almidón en los piensos que incluyeron guisante (y especialmente al combinarlo con un mayor nivel de fibra soluble), teniendo en cuenta la morfología del grano de guisante donde los gránulos de almidón están embebidos en una matriz proteica (Pelgrem et al., 2015).

En este trabajo, tanto la inclusión de pulpa de remolacha como la de guisante aumentaron el nivel de fibra soluble y con ello la digestibilidad de la misma como se había observado previamente (Abad-Guamán et al., 2015; Delgado et al., 2018), sin embargo, ello no derivó en efectos positivos aparentes para las conejas. La digestibilidad de la fibra insoluble (FND) también mejoró con la inclusión de fibra soluble, aunque posible menos de lo esperado debido a la inclusión paralela de granilla desengrasada de uva.

La inclusión de fibra soluble redujo el consumo de pienso, energía y proteína digestibles durante la lactación, que es el periodo con el consumo más elevado. Esto podría ser debido a la acumulación de digesta en el ciego cuando se incorpora pulpa de remolacha (Carabaño et al., 1997; Falcao-e-Cunha et al., 2004; Gómez-Conde et al., 2009), lo que prolonga el tiempo medio de retención del alimento en el tracto digestivo (Gidenne et al., 1987).

Capítulo 6: Conclusiones

La inclusión de trigo como fuente de almidón es preferible a la de guisante, pese a que este último permite incrementar el consumo destete-parto, aunque esto no mejora los rendimientos productivos de las conejas. Esto se debe en parte a que la inclusión de guisante empeora la digestibilidad de la proteína (sin afectar a la relación proteína/ energía digestible), pero no empeora la condición corporal de las conejas.

La fibra soluble no mejoró los rendimientos productivos, y únicamente se vislumbró una tendencia a reducir la mortalidad en torno al parto cuando se combinó con trigo. La fibra soluble tampoco modificó la condición corporal de las conejas.

Capítulo 7: Referencias bibliográficas

- Abad-Guamán, R., Carabaño, R., Gómez-Conde, M. S. y García, J. (2015). Effect of type of fibre, site of fermentation, and method of analysis on digestibility of soluble and insoluble fibre in rabbits. *Journal of Animal Science*, 93 (6); 2860-2871.
- Abad-Guamán, R., Larrea-Dávalos, J.A., Carabaño, R., García, J. y Carro, M.D. (2018). Influence of inoculum type (ileal, caecal and faecal) on the *in vitro* fermentation of different sources of carbohydrates in rabbits. *World Rabbit Science*, 26: 277-240.
- AOAC. (2000). Official methods of analysis of AOAC international. 17th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOCS. (1998). Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. Official method BA 12-75. Trypsin inhibitor activity. 5th ed. Am. Oil Chem. Soc., Champaign, IL, EE.UU.
- Azard, A. (2006). Caractérisation des systèmes de production cunicole français et perspectives d'évolution. *Cuniculture Magazine*, 2006 (33):78–85.
- Barreto, G. y de Blas, J.C. (1993). Effect of dietary fibre and fat content on the reproductive performance of rabbit does bred at two remating times during two seasons. *World Rabbit Science*, 1 (2): 77-81.
- Bengala-Freire, J., Aumaitre, A., Peiniau, J. y Lebreton, Y. (1991). Apparent ileal digestibility of starch and alphagalactosides from peas by early weaned pigs: effect of extrusion. *Proceedings 5th International Symposium. on Digestive Physiology in Pigs*, Wageningen, Holland.
- Bolet, G. y Fortun-Lamothe, L. (2002). Relationship between body condition and reproductive in rabbit does. *Proceedings of the 3^d meeting of workgroups 3 and 4. COST action 848, Communication n° 23*, Ispra, Italy.
- Boletín Oficial del Estado (BOE) 2013. Real Decreto 53/2013. Normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. BOE 34, 11370-11421.

- Carabaño, R., Motta-Ferreira, W., de Blas, J.C. y Fraga, M.J. (1997). Substitution of sugarbeet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 65 (1-4): 249-256.
- Cartuche, L., Pascual, M., Gómez, E.A. y Blasco, A. (2014). Economic weights in rabbit meat production. *World Rabbit Science*, 22 (3): 165–177.
- Castillo, C. (2013). Effect of level of dietary soluble fibre and threonine on digestion and growth performance in post-weaning rabbits. Master of Science, Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza, University of Zaragoza and Spanish Foundation for the Development of Animal Nutrition.
- Cerning-Beroard, J. y Filiatre, A. (1976). A comparison of the carbohydrate composition of legume seeds: horsebeans, peas and lupines. *Cereal Chemistry*, 53: 968-978.
- Colonna, P. y Mercier, C. (1979). Les amidons de legumineuses: aspect, composition, structure et propriétés physico-chimiques. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 12 (1): 1-12.
- Colonna, P. y Champ, M. (1990). Significance of starch damage in feeds. *Sciences des Aliments*, 10 (3): 877-897.
- Cushing, K., Alvarado, D.M. y Ciorba, M.A. (2015). Butyrate and mucosal inflammation: new scientific evidence supports clinical observation. *Clinical and Translational Gastroenterology*, 6 (8): e108.
- De Blas, J.C. y Mateos, G.G. (2010). Feed formulation, in: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit. 2nd edition. CABI Publishing CAB International, Wallingford, UK, 222-232.
- De Blas, C., García, J. y Carabaño, R. (1999). Role of fibre in rabbit diets. A review. *Annales de Zootechnie*, 48 (1): 3-13.
- De Blas, J.C., Taboada, E., Mateos G.G., Nicodemus, N., y Méndez, J. (1995). Effect of substitution of starch for fiber and fat in isoenergetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *Journal of Animal Science*, 73: 1131-1137.

- Delgado, R., Badiola, I., Abad-Guamán, R., Nicodemus, N., Villamide, M.J., Pérez de Rozas, A., Menoyo, D., Carabaño, R., García, J. (2015). Effect of level of soluble fibre and omega-6/omega-3 ratio on microbiota colonisation in suckling rabbits. *World Rabbit Science*. 23, 131.
- Delgado, R., Abad-Guamán, R., De la Mata, E., Menoyo, D., Nicodemus, N., García, J. y Carabaño, R. (2017). Effect of dietary supplementation with arginine and glutamine on the performance of rabbit does and their litters during the first three lactations. *Animal Feed Science and Technology*, 227: 84-94.
- Delgado, R., Abad-Guamán, R., Nicodemus, N., Villamide, M.J., Ruiz-López, N., Carabaño, R., Menoyo, D. y García, J. (2018). Effect of level of soluble fiber and n-6/n-3 fatty acid ratio on performance of rabbit does and their litters. *Journal of animal science*, 96 (3): 1084-1100.
- Demigné, C. y Rémésy, C. (1982). Influence of unrefined potato starch on cecal fermentations and volatile fatty acid absorption in rats. *The Journal of Nutrition*, 112 (12): 2227-2234.
- Drochner, W. (1991). Digestion of carbohydrates in the pig. *Proceedings International Symposium on Digestive Physiology in Pigs*, EAAP Publications, 54 Wageningen, Holland.
- El Abed, N., Delgado, R., Abad, R., Romero, C., Villamide, M., Menoyo, D., Carabaño, R. y García, J. (2011). Soluble and insoluble fibre from sugar beet pulp enhance intestinal mucosa morphology in young rabbits. In: Proc. 62nd Annual meeting of the European Federation (held in Stavanger, Norway) of Animal Science, Book of abstracts. Wageningen Academic Publisher, Wageningen, The Netherlands. p. 159.
- Falcao e-Cunha, L., Peres, H., Freire, J.P.B. y Castro-Solla, L. (2004). Effects of alfalfa, wheat bran or beet pulp, with or without sunflower oil, on caecal fermentation and on digestibility in the rabbit. *Animal Feed Science and Technology*, 117 (1-2): 131-149.
- Farías C., Delgado R., Abad-Guamán R., Villamide M., Menoyo D., Carabaño R., Garcia J., Nicodemus N. (2107). Predicción de la producción de leche de la coneja en lactaciones de 25 días a partir del peso de la camada., *XLII Symposium de Cunicultura*, Murcia, España.

- Fernández-Carmona, J., Pascual, J.J. y Cervera, C. (2000). The use of fat in rabbit diets. *World Rabbit Science*, 8 (1): 29-59.
- Fortun-Lamothe, L. (2006). Energy balance and reproductive performance in rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 93 (1-2): 1-15.
- Fortun-Lamothe, L. y Lebas, F. (1994). Influence of the number of suckling young and the feed level on foetal survival and growth in rabbit does. *Annales De Zootechnie*, 43 (2):163–171.
- Fortun-Lamothe, L y Bolet, G. (1995). Les effets de la lactation sur le performances de reproduction chez la lapine. *INRA Productions Animales*, 8 (1): 49-56.
- Fortun-Lamothe, L. y Lebas, F. (1996). Effects of dietary energy level and source on foetal development and energy performance of primiparous rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 62 (3): 615-620.
- Fortun-Lamothe, L. y Gidenne, T. (2003). Les lapereaux préfèrent manger dans la même mangeoire que leur mère. *10èmes Journ. Rech Cunicole*. In: Bolet, G. (Ed.), Paris, France.
- Fortun-Lamothe, L., Prunier, A. y Lebas, F. (1993). Effects of lactation on fetal survival and development in rabbit does mated shortly after parturition. *Journal of Animal Science*, 71 (7): 1882-1886.
- Fortun-Lamothe, L, Prunier, A., Bolet, G. y Lebas, F. (1999). Physiological mechanisms involved in the effects of concurrent pregnancy and lactation on foetal growth and mortality in the rabbit. *Livestock Production Science*, 60 (2-3): 229-241.
- Fouhse, J.M., Gänzle, M.G., Regmi, P.R., van Kempen, T.A.T.G. y Zijlstra. R.T. (2015). High amylose starch with low in vitro digestibility stimulates hindgut fermentation and has a bifidogenic effect in weaned pigs. *Journal of Nutrition*, 145 (1): 2464-2470.
- Friggens, N.C. (2003). Body lipid reserve and her reproduction cycle: towards a better understanding. *Livestock Production Science*, 83 (2): 219-236.
- García, J., Carabaño, R., y de Blas, J.C. (1999). Effect of fibre source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits. *Journal of Animal Science*, 77 (4): 898-905.

- García, J., Carabaño, R., Perez-Alba, L., y de Blas, J.C. (2000). Effect of fiber source on cecal fermentation and nitrogen recycled through cecotrophy in rabbits. *Journal of Animal Science*, 78 (3): 638-646.
- García, J., Gidenne, T., Falcao e-Cunha, L. y de Blas, J.C. (2002). Identification of the main factors that influence caecal fermentation traits in growing rabbits. *Animal Research*, 51(2): 165-173.
- Garreau, H., Larzul, C., Tudela, F., Ruesche, J., Ducrocq, V. y Fortun-Lamothe, L. (2017). Energy balance body reserves in rabbit females selected for longevity. *World Rabbit Science*, 25 (3): 205-213.
- Gidenne, T. (1992). Effect of fiber level, particle-size and adaptation period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the feces in the adult-rabbit. *British Journal of Nutrition*, 67 (1): 133-146.
- Gidenne, T. (1997). Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbances. *Livestock Production Science*, 51 (1-3): 73-88.
- Gidenne, T. y Ruckebusch, Y. (1989). Flow and passage rate studies at the ileal level in the rabbit. *Reproduction, nutrition, development*, (4): 403-412.
- Gidenne, T. y Pérez, M. (1993). Effect of dietary starch origin on digestion in the rabbit. 2. Starch hydrolysis in the small intestine, cell wall degradation and rate of passage measurements. *Animal Feed Science and Technology*, 42 (3-4): 249-257.
- Gidenne, T. y Licois, D. (2005). Effect of a high fibre intake on the resistance of the growing rabbit to an experimental inoculation with an enteropathogenic strain of *Escherichia coli*. *Animal Science*, 80 (3): 281-288.
- Gidenne, T., Poncet, C., y Gómez, L. (1987). Effet de l'addition d'un concentré riche en fibres dans une ration à base de foin, distribuée à deux niveaux alimentaires chez la lapine adulte. 1. Temps de séjour moyen des aliments. *Reproduction Nutrition. Development*. 27 (3): 733-743.
- Gidenne, T., Carabaño, R., García, J. y de Blas, J.C. (2010). Fiber Digestion. in: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*. 2nd edition. CABI Publishing CAB International, Wallingford, UK, 66-82.

- Gómez-Conde, M.S., García, J., Chamorro, S., Eiras, P., García-Rebollar, P., Pérez de Rozas, A., Badiola, I., De Blas, J.C. y Carabaño, R. (2007). Neutral detergent-soluble fibre improves gut barrier function in twenty-five-day-old weaned rabbits. *Journal Animal Science*, 85 (12), 3313-3321.
- Gómez-Conde M.S., Pérez de Rozas A., Badiola I., Pérez-Alba L., de Blas C., Carabaño R. y García, J. (2009). Effect of neutral detergent soluble fibre on digestion, intestinal microbiota and performance in twenty-five day old weaned rabbits. *Livestock Science*, 125 (2-3): 192-198.
- Greene, H. S. (1938). Toxemia of pregnancy in the rabbit: ii. Etiological considerations with especial reference to hereditary factors. *The Journal of experimental medicine*, 67(3): 369–388.
- Gruaz, M., Praag, A., Page, L y Praag, E. (2017). Pregnancy toxemia, distocia and uterine prolapse observed in does at the end of gestation period. *MediRabbit*, 2-9.
- Guerder, F. (2002). Conduites en bandes: de bons résultats économiques. *Cuniculture*, 166: 150-155.
- Gutiérrez, I., Espinosa, A., García, J., Carabali, R. y de Blas, J.C. (2002). Effects of starch and protein sources, heat processing, and exogenous enzymes in starter diets for early weaned rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 98 (3-4): 175-186.
- Hall, M.B. (2003). Challenges with nonfiber carbohydrate methods. *Journal of Animal Science*, 81 (12): 3226-3232.
- Herrmann, A. (1989). Investigations about the influence of fibre and starch levels of diets on gastro-intestinal contents composition in young rabbits. *Veterinarmedizinische Dissertation*,
- Ito, H., Satsukawa, M., Arai, E., Sugiyam, K., Sonoyama, K., Kiriya, S. y Morita, T. (2009). Soluble fiber viscosity affects both goblet cell number and small intestine mucin secretion in rats. *Journal of Nutrition*, 139 (9): 1640-1647.
- Jean-Blain, C. y Durix, A. (1985). Ketone body metabolism during pregnancy in the rabbit. *Reproduction, nutrition, development*, 25 (3): 545-554.

- Lavrenčič, A. (2007). The effect of rabbit age on in vitro caecal fermentation of starch, pectin, xylan, cellulose, compound feed and its fibre. *Animal*, 1(2): 241-248.
- Lebas, F., Cousin, M.C. y Sardi, G. (1975). Étude chez la lapine de l'influence du niveau d'alimentation durant la gestation. I-Sur les performances de reproduction. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 24 (2): 267-279.
- Levrat, M.A., Rémésy, C. y Demigné, C. (1991). Very acidic fermentations in the rat cecum to a diet rich in amylase-resistant starch (crude potato starch). *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2 (1): 31-36.
- Licois, D., Wyers, M. y Coudert, P. (2005). Epizootic rabbit enteropathy: Experimental transmission and clinical characterization. *Veterinary Research*, 36 (4): 601–613.
- Maertens, L. (2010). Feeding systems for intensive production, in: De Blas, C., Wiseman, J. The Nutrition of the Rabbit, 2nd edition. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp.253-266.
- Marounek, M., Vovk, S.J. y Skrinova, V. (1995). Distribution of activity of hydrolytic enzymes in the digestive tract of rabbits. *British Journal of Nutrition*, 73 (3): 463-469.
- Martínez-Vallespín, B., Martínez-Paredes, E., Rodenas, L., Cervera, C., Pascual, J.J. y Blas, E. (2011). Combined feeding of rabbit female and young: Partial replacement of starch with acid detergent fibre or/and neutral detergent soluble fibre at two protein levels. *Livestock Science*, 141 (2-3): 155-165.
- Martínez-Vallespín, B., Martínez-Paredes, E., Rodenas, L., Moya, V.J., Cervera, C., Pascual, J.J. y Blas, E. (2013). Partial replacement of starch with acid detergent fibre and/or neutral detergent soluble fibre at two protein levels: Effects on ileal apparent digestibility and caecal environment of growing rabbits. *Livestock Science*, 154 (1-3): 123-130.
- Nicodemus, N, García J., Carabaño R. y de Blas, J.C. (2006). Effect of a reduction of dietary particle size by substituting a mixture of fibrous by-products for lucerne hay on performance and digestion of growing rabbits and lactating does. *Livestock Science*, 100 (2-3): 242-250.

- Nicodemus, N., Pereda, N., Romero, C. y Rebollar, P.G. (2009). Évaluation de la technique d'impédance bioélectrique (IBE) pour estimer la composition corporelle de lapines reproductrices. *13èmes Journées de la Recherche Cunicole. LeMans*, Paris, France.
- Ocasio-Vega, C., Abad-Guamán, R., Delgado, R., Carabaño, R., Carro, M.D. y García, J. (2018). Effect of cellobiose supplementation and dietary soluble fibre content on *in vitro* caecal fermentation of carbohydrate-rich substrates in rabbits. *Archives of animal nutrition*, 72 (39): 221-238.
- Oger, M.A., Lebas, F. y Laplace, J.P. (1978). Le transit digestif chez le lapin: variations peripartum du component alimentaire et de l'excrétion fécale chez la lapine multipare. *Annales de Zootechnie*, 27 (4): 519-532.
- Parigi-Bini, R., Xiccato, G., Cinetto, M. y Dalle-zotte, A. (1992). Energy and protein utilization and partition in rabbit does concurrently pregnant and lactating. *Animal Science*, 55 (1): 153-162.
- Parigi-Bini, R., Xiccato, G., Dalle Zotte, A., Castellini, C., Stradaoli, G. (1996). Effect of remating interval and diet on the performance and energy balance of rabbit does. In: Lebas, F. (Ed.). *Proc. 6th World Rabbit Congr.*, vol. 1., Toulouse, France.
- Pascual J.J., Cervera C., y Fernández-Carmona J. (2000). The effect of dietary fat on the performance and body composition of rabbits in their second lactation. *Animal Feed Science and Technology*, 86 (3-4):191- 203
- Pascual, J.J. (2010). The role of body condition on new feeding and breeding programmes for reproductive rabbit does. *Hungarian conference on rabbit production*, Kaposvár, Hungary.
- Pascual, J.J., Cervera, C. y Fernández-Carmona, J. (2002). A feeding program for young rabbit does based on lucerne. *World Rabbit Science*, 10 (1): 7-13.
- Pascual, J.J., Xiccato, G. y Fortun-Lamothe, L. (2006). Strategies for doe's corporal condition improvement-relationship with litter viability and career length. In: Maertens L., Coudert P. (Ed). *Recent advances in rabbit sciences. IVLO*. Merelbeke, Belgium.

- Pascual, J.J., Cervera, C., Blas, E. y Fernández-Carmona, J. (1998). Effect of high fat diets on the performance and food intake of primiparous and multiparous rabbit does. *Animal Science*, 66 (2): 491-499.
- Pascual J.J., Cervera C., Blas, E. y Fernández-Carmona, J. (2003). Highenergy diets for reproductive rabbit does: effect of energy source. *Nutrition Abstracts and Reviews*, 73 (5): 27-39.
- Pascual, J.J., Savietto D., Cervera, C. y Baselga M. (2013). Resources allocation in reproductive rabbit does: a review of feeding and genetic strategies for suitable performance. *World Rabbit Science*, 21: 123-144.
- Pascual, J.J., Tolosa, C., Cervera, C., Blas, E. y Fernández-Carmona, J. (1999). Effect of diets with different digestible energy content on the performance of rabbit does. *Animal Feed Science Technology*, 81 (1-2): 105-117.
- Pelgrom, P.J.M., Boom, R.M. y Schutyser, M.A.I. (2015). Method Development to Increase Protein Enrichment During Dry Fractionation of Starch-Rich Legumes. *Food and Bioprocess Technology*, 8 (7): 1495-1502.
- Pereda, N.L. (2010). Evaluación de la técnica del análisis de impedancia bioeléctrica para predecir la condición corporal: aplicación en conejas sometidas a diferentes sistemas de alimentación durante la cría. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Piel, C., Montagne, L., Sève, B. y Lallès, J. P. (2005). Increasing digesta viscosity using carboxymethylcellulose in weaned piglets stimulates ileal goblet cell numbers and maturation. *Journal of Nutrition*, 135 (1): 86-91
- Poujardieu, B. y Theau-Clément, M. (1995). Productivité de la lapine et état physiologique. *Annales de Zootechnie*, 44 (1): 29-39.
- Quesenberry, K.E. y Carpenter, J.W. (2012). *Ferrets, Rabbits and Rodents: Clinical Medicine and Surgery*, Londres, Inglaterra: Saunders
- Quevedo, F., Cervera, C., Blas, E., Baselga, M., Costa, C. y Pascual, J.J. (2005). Effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of Young rabbit females during rearing and first pregnancy. *Animal Science*, 80 (2): 161-168.

- Quevedo, F., Cervera, C., Blas, E., Baselga, M. y Pascual, J.J. (2006a). Long-term effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of reproductive rabbit does 1. Pregnancy of multiparous does. *Animal Science*, 80 (5): 739-750.
- Quevedo, F., Cervera, C., Blas, E., Baselga, M. y Pascual, J.J. (2006b). Long-term effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of reproductive rabbit does 2. Lactation and growing period. *Animal Science*, 82 (5): 751-762.
- Quintela, L.A., Peña, A.I., Vega, M.D., Gullón, J., Prieto, M.C., Barrio, M., Becerra, J.J., Maseda, F. y Herradón, P.G. 2004. Ovulation induction in rabbit does submitted to artificial insemination by adding buserelin to the seminal dose. *Reproduction Nutritional Development Journal*, 44 (1):79-88.
- Raqib, R., Sarker, P., Bergman, P., Ara, G., Lindh, M., Sack, D.A., Nasirul-Islam, K.M., Gudmundsson, G.H., Andersson, J. y Agerberth, B. (2006). Improved outcome in shigellosis associated with butyrate induction of an endogenous peptide antibiotic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103 (24): 9178-9183.
- Rebollar, P.G., Milanés, A., Pereda, N., Millán, P., Cano, P., Esquifino, A.I., Villarroel, M., Silván, G. y Lorenzo, P.L. (2006). Oestrus synchronisation of rabbit does at early post-partum by doe-litter separation or ECG injection: Reproductive parameters and endocrine profiles. *Animal Reproduction Science*, 93 (3-4): 218-30.
- Rebollar, P.G., Pereda, N., Schwars, B.F., Millán, P., Lorenzo, P.I. y Nicodemus, N. (2011). Effect of feed restriction or feeding high-fibre diet during the rearing period on body composition, serum parameters and productive performance of rabbit does. *Animal Feed Science and Technology*, 163 (1): 67-76.
- Rommers, J.M., Kemp, B., Meijerhof, R. y Noordhuizen, J.P.T.M. (2003). The effect of litter size before weaning on subsequent body development, feed intake, and reproductive performance of young rabbit does. *Journal Animal of Science*, 2001 (79):1973–1982.
- Romero, C., Nicodemus, N., Martínez de Morentin, C., García, A. y de Blas, J.C. (2011). Effect of grinding size of barley and dehydrated alfalfa on performance and body composition of does during their early reproductive cycles. *Livestock Science*. 140 (1-3): 55–61.

- Rosell, J.M. (2000). *Enfermedades del Conejo*, Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Rosell, J.M. y Pérez, M.J. (2006). Resultados de gestión técnica. *Cunicultura*, 177: 295-297.
- Rosell, J.M. y de la Fuente, L.F. (2009). Culling and mortality in breeding rabbits. *Preventive Veterinary Medicine*, 88 (2): 120-127.
- Savietto, D., Marono, S., Martínez, I., Martínez-Paredes, E., Ródenas, L., Cervera, C., y Pascual, J.J. (2016). Patterns of body condition use and its impact on fertility. *World Rabbit Science*, 24 (1): 39–45.
- Seroux, M. (1984). Utilisation des proteagineux par le lapin a l'engraissement. Pois, lupin, feverole. *Proceedings of the Third World Rabbit Congress*. Vol. 1, Roma, Italia.
- Theau-Clément, M. (2000). Advances in biostimulation methods applied to rabbit reproduction. *Proceedings of 7th World Rabbbit Congress*, vol. A., Valencia, España.
- Theau-Clément, M. y Roustan, A. (1992). A study on relationships between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performance. *Proceedings of 5th World Rabbit Congress*, Corvallis, USA.
- Theilgaard, P. (2006). Prolificacy, reproductive longevity and body reserves in female rabbits examined using selection lines. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Theilgaard, P., Baselga, M., Blas, El., Frigens, N.C.C, Cervera, C. y Pascual, J. J. (2009). Differences in productive robustness in rabbits selected for reproductive longevity or litter size. *Animal*, 3 (5): 637-646.
- Trocino, A., Fragkiadakis, M., Radaelli, G. y Xiccato, G. (2010). Effect of dietary soluble fibre level and protein source on growth, digestion, caecal activity and health of fattening rabbits. *World Rabbit Science*, 18 (4): 199-210.
- Trocino, A., Fragkiadakis, M., Majolini, D., Carabaño, R. y Xiccato, G. (2011). Effect of theincrease of dietary starch and soluble fibre on digestive efficiency and growth 23 performance of meat rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 165 (3): 265-277.

- Trocino, A., García, J., Carabaño, R. y Xiccato, G. (2013a). A meta-analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits. *World Rabbit Science*. 21 (1): 1-15.
- Trocino, A., Fragkiadakis, M., Majolini, D., Tazzoli, M., Radaelli, G., Carabaño, R. y Xiccato, G. (2013b). Soluble fibre, starch and protein level in diets for growing rabbits: Effects on digestive efficiency and productive traits. *Animal Feed Science and Technology*, 180 (1-4): 73-82.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. y Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10): 3583–3597.
- Volek, Z., Marounek, M. y Skřivanová, V. (2007). Effect of a starter diet supplementation with mannan-oligosaccharide or inulin on health status, caecal metabolism, digestibility of nutrients and growth of early-weaned rabbits. *Animal*, 1 (4): 523-530.
- Wiseman, J. (2006). Variations in starch digestibility in non-ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 130 (1-2): 66-77.
- Xiccato, G. (1996). Nutrition of lactating does. *Proceedings 6th, World Rabbit Congress*, Toulouse, France.
- Xiccato, G., Trocino, A., Sartori, A. y Queaque, P.I. (2004). Effect of parity order and litter weaning age on the performance and body energy balance of rabbit does. *Livestock Production Science*, 85 (2-3): 239-251.
- Xiccato, G. y Trocino, A. (2007). Italia, un sistema de producción cunícola integrada., *Proceedings II Congreso Ibérico de Cunicultura*, Vila Real, Portugal.